



TUAGAS AKHIR - MO141326

**ANALISIS KEKUATAN DERMAGA AKIBAT  
MODIFIKASI DAN PENAMBAHAN BEBAN DENGAN  
PENDEKATAN LRFD STUDI KASUS *JETTY  
PROPYLENE* PT. PERTAMINA RU VI, BALONGAN,  
INDRAMAYU**

Dimas Bagus Prasetyo

NRP. 4313 100 063

Dosen :

Ir. Murdjito, M.Sc, E.ng

Yoyok Setyo H., ST, MT, P.hD

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2017



FINAL PROJECT - MO141326

# ANALYSIS OF PORT STRENGTH DUE TO MODIFICATION AND ADDITIONAL LOAD WITH LRFD APPROACH CASE STUDY JETTY PROPYLENE PT. PERTAMINA RU VI, BALONGAN, INDRAMAYU

Dimas Bagus Prasetyo

NRP. 4313 100 063

Supervisors :

Murdjito, M.Sc, E.ng

Yoyok Setyo H., ST, MT, P.hD

DEPARTEMENT OF OCEAN ENGINEERING

Faculty of Marine Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2017

**ANALISIS KEKUATAN DERMAGA AKIBAT MODIFIKASI  
DAN PENAMBAHAN BEBAN DENGAN PENDEKATAN LRFD  
STUDI KASUS *JETTY PROPYLENE* PT. PERTAMINA RU VI,  
BALONGAN, INDRAMAYU.**

**TUGAS AKHIR**

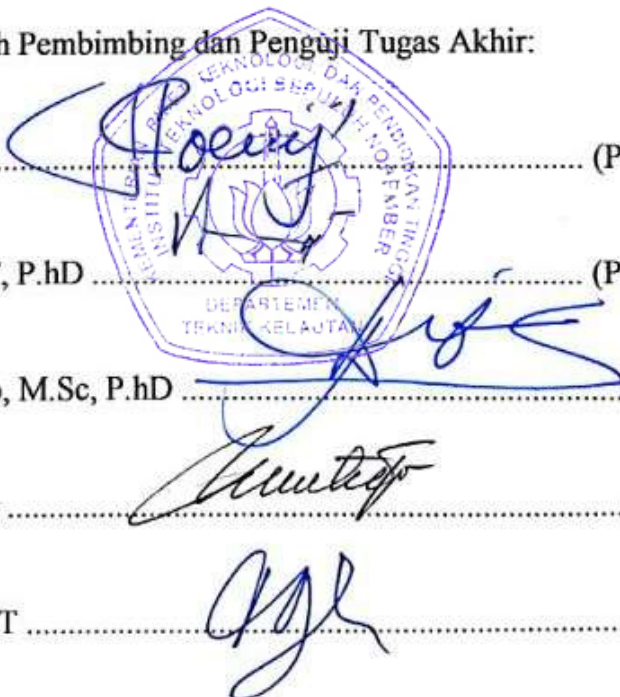
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**DIMAS BAGUS PRASETYO**

NRP.4313 100 063

Disetujui oleh Pembimbing dan Penguji Tugas Akhir:

- 
1. Ir. Murdjito, M.Sc, Eng ..... (Pembimbing1)
  2. Yoyok Setyo H., ST, MT, P.hD ..... (Pembimbing2)
  3. Prof. Ir. Eko B. Djatmiko, M.Sc, P.hD ..... (Penguji 1)
  4. Ir. Mas Murtedjo, M.Eng ..... (Penguji 2)
  5. Agro Wisudawan, ST, MT ..... (Penguji 3)

SURABAYA, JULI 2017

**ANALISIS KEKUATAN DERMAGA AKIBAT MODIFIKASI DAN  
PENAMBAHAN BEBAN DENGAN PENDEKATAN LRFD STUDI KASUS  
JETTY PROPYLENE PT. PERTAMINA RU VI,  
BALONGAN, INDRAMAYU.**

**Nama** : Dimas Bagus Prasetyo  
**NRP** : 4313 100 063  
**Jurusan** : Teknik Kelautan FTK – ITS  
**Dosen Pembimbing** : Murdjito, M.Sc, E.ng  
Yoyok Setyo H., ST, MT, P.hD

**ABSTRAK**

Untuk pengembangan kilang di Balongan, PT. Pertamina RU VI berencana memfungsikan *jetty propylene* untuk bongkar muat *equipment* dan menambah beban kapal. PT. Pertamina RU VI, merencanakan memfungsikan *jetty propylene* yang telah berumur lebih 25 tahun untuk proses transportasi *equipment* yang berasal dari luar kilang. Struktur *jetty propylene* perlu di analisis apakah mampu untuk menahan beban *equipment* yang ada dan beban yang akan datang. Analisis pembebanan dan kekuatan struktur jetty dalam studi ini menggunakan pendekatan LRFD. Dari hasil analisis didapatkan, kekuatan awal struktur *jetty* atau kondisi eksisting dengan nilai *capacity ratio* 0,82 dan defleksi tiang pancang 0,00726 m. Penambahan pembebanan yang dilakukan adalah memberi beban truk dan memperbesar kapal yang bersandar pada jetty tersebut hingga 6500 DWT. Sedangkan setelah mengalami penambahan beban didapatkan *capacity ratio* 0,918 dan defleksi tiang pancang 0,00925 m. Nilai yang didapat masih dibawah 1 untuk *capacity ratio* dan 0,025 m untuk defleksi tiang pancang sesuai dengan kriteria design yang ada. Dari hasil tugas akhir, maka struktur *jetty propylene* masih dalam kondisi yang aman dan tidak memerlukan modifikasi struktur untuk menahan beban kapal hingga 6500 DWT.

Kata kunci : *jetty propylene*, *LRFD*, *capacity ratio*, *defleksi*

**ANALYSIS OF PORT STRENGTH DUE TO MODIFICATION AND  
ADDITIONAL LOAD WITH LRFD APPROACH CASE STUDY JETTY  
PROPYLENE PT. PERTAMINA RU VI, BALONGAN, INDRAMAYU.**

**Name : Dimas Bagus Prasetyo**  
**NRP : 4313 100 063**  
**Department : Teknik Kelautan FTK – ITS**  
**Supervisor : Murdjito, M.Sc, E.ng**  
**Yoyok Setyo H., ST, MT, P.hD**

**ABSTRACS**

For the development of refineries in Balongan, PT. Pertamina RU VI plans to enable jetty propylene for loading and unloading equipment and adding ship load. PT. Pertamina RU VI, plans to enable a 25-year-old jetty propylene to transport equipment from the outside refinery. *The structure of the jetty propylene needs to be analyzed whether it is able to withstand existing equipment loads and future loads.* The load analysis and strength of the jetty structure in this study use LRFD approach. From the analysis results obtained, the initial strength of the jetty structure or the existing condition with the value of capacity ratio 0.82 and deflection pile 0,00726 m. The addition of loading is to load the truck and enlarge the vessel leaning on the jetty up to 6500 DWT. Meanwhile, after experiencing additional loads obtained capacity ratio 0.918 and deflection pile 0,00925 m. The value obtained is still below 1 for capacity ratio and 0.025 m for deflection pile in accordance with existing design criteria. From the final project result, the propylene jetty structure is still in safe condition and does not require structural modification to withstand ship load up to 6500 DWT.

**Keywords :** *jetty propylene, LRFD, capacity ratio, deflection*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Kekuatan Dermaga Akibat Modifikasi dan Penambahan Beban dengan Pendekatan LRFD Studi Kasus Jetty Propylene PT. PERTAMINA RU VI, Balongan, Indramayu” ini dengan lancar dan baik. Laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S-1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tugas Akhir ini membahas mengenai analisis kekuatan struktur jetty propylrnr PT. PERTAMINA RU VI, Balongan, Indramayu pada kondisi eksisting dan pada kondisi setelah mengalami penambahan beban.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan ini masih terdapat kekurangan-kekurangan yang masih perlu diperbaiki. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata, mohon maaf atas segala keterbatasan dan kekurangan, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Atas perhatian pembaca, penulis mengucapkan terima kasih.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

## UCAPAN TERIMAKASIH

Alhamdulillah dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis telah mendapatkan dukungan dan bantuan dari berbagai, sehingga pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang memberikan rahmat dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan ini.
2. Orang tua dan Kakak Penulis yang senantiasa memberikan dukungan dan menyumbangkan do'a-nya dalam kuliah dan pengerjaan Tugas Akhir.
3. Dosen pembimbing Tugas Akhir Bapak Murdjito, M.Sc, E.ng. dan Bapak Yoyok Setyo H., ST, MT, P.hD yang telah bersedia membimbing dan mengarahkan dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini
4. Ketua Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Bapak Dr.Eng. Rudi Walujo Prastianto ,ST., MT.
5. Keluarga besar Teknik Kelautan 2013 Valtameri L-31, terima kasih telah menemani selama 4 tahun ini baik dalam suka maupun duka
6. Saudara-saudara HmI Komisariat Perkapalan SN dan semua kader GL 14 yang telah berjuang bersama demi kemajuan umat dan bangsa.

Sekali lagi penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bantuan yang telah diberikan oleh pihak-pihak yang sudah penulis sebutkan di atas, dan semoga mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah S.W.T.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
ABSTRAK .....	ii
ABSTRACS .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....	5
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Dasar Teori .....	5
2.2.1 Beban Mati .....	5
2.2.2 Beban Hidup .....	5
2.2.3 Beban Gelombang .....	6
2.2.4 Beban Angin .....	7
2.2.5 Beban Arus .....	8
2.2.6 Beban Sandar Kapal .....	9
2.2.7 Beban Gempa .....	12
2.2.8 Gaya <i>Mooring</i> Akibat Gaya Angin pada Kapal .....	16
2.2.9 Gaya <i>Mooring</i> Akibat Gaya Arus pada Kapal .....	16



2.2.10 <i>Bitt</i> .....	16
2.2.11 Metode Pembebanan <i>American Institute of Steel Construction</i> (AISC) .....	18
2.2.12 Metode <i>Working Stress Design</i> (WSD) .....	19
2.2.13 Metode <i>Load Resistance Factor Design</i> (LRFD) .....	19
2.2.12 Kombinasi Pembebanan .....	20
2.2.13 <i>Capacity Ratio</i> .....	21
2.2.14 <i>Axial and Bending Stress</i> .....	21
2.2.15 <i>Shear Stress</i> .....	22
BAB 3 METODE PENELITIAN .....	23
3.1 Metode Penelitian .....	23
3.2 Prosedur Penelitian .....	25
3.2.1 Studi Literatur .....	25
3.2.2 Pengumpulan Data .....	25
3.2.2.1 Data Lingkungan .....	25
3.2.2.2 <i>Layout Jetty Propylene</i> .....	26
3.2.2.3 Material Jetty Propylene .....	27
3.2.2.4 Data Kapal .....	27
3.2.2.5 Data Tanah .....	28
3.2.3 Pengolahan Data .....	29
3.2.4 Kesimpulan .....	30
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....	31
4.1 Beban Mati .....	31
4.2 Beban Hidup .....	32
4.3 Perhitungan Beban Gelombang .....	33
4.4 Perhitungan Beban Arus .....	34
4.5 Perhitungan Beban Angin .....	36
4.6 Perhitungan Beban Sandar Kapal .....	37
4.7 Perhitungan Gaya <i>Mooring</i> Akibat Gaya Angin pada Kapal .....	39

4.8 Perhitungan Gaya <i>Mooring</i> Akibat Gaya Arus pada Kapal .....	39
4.9 Perhitungan Gaya <i>Mooring</i> pada <i>Bitt</i> .....	40
4.10 Beban Gempa .....	41
4.11 Analisis Struktur Jetty Propylene .....	42
4.12 Hasil Analisis Struktur <i>Jetty Propylene Eksisting</i> .....	43
4.12.1 <i>Capacity Ratio</i> .....	43
4.12.2 Kontrol Defleksi .....	44
4.13 Modifikasi Beban .....	45
4.13.1 <i>Input</i> Beban Truk .....	46
4.13.2 Modifikasi Beban Sandar Kapal .....	46
4.13.3 Gaya <i>Mooring</i> Akibat Gaya Angin pada Kapal Modifikasi .....	47
4.13.4 Gaya <i>Mooring</i> Akibat Gaya Arus pada Kapal Modifikasi .....	48
4.13.5 Gaya <i>Mooring</i> pada <i>Bitt</i> Modifikasi .....	48
4.14 Hasil Analisis Struktur Jetty Propylene Akibat Beban Modifikasi .....	49
4.14.1 <i>Capacity Ratio</i> Akibat Beban Modifikasi .....	49
4.14.2 Kontrol Defleksi Akibat Beban Modifikasi .....	50
4.15 Modifikasi Struktur <i>Jetty Propylene</i> Akibat Modifikasi Beban ..	51
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	53
5.1 Kesimpulan .....	53
5.2 Saran .....	53

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Lokasi Studi PT. Pertamina RU VI .....	1
Gambar 1.2 <i>Jetty Propylene</i> PT. Pertamina RU VI .....	2
Gambar 2.1 Jari–jari putaran disekeliling pusat berat kapal .....	12
Gambar 2.2 Peta Persebaran Nilai S1 Di Indonesia .....	15
Gambar 2.3 Peta Persebaran Nilai Ss Di Indonesia .....	15
Gambar 2.4 Metode pengikatan kapal ke dermaga .....	17
Gambar 2.5 Contoh 2 tipe alat pengikat .....	17
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	25
Gambar 3.2 Layout <i>Jetty Propylene</i> .....	26
Gambar 3.3 <i>Boring Position</i> .....	28
Gambar 3.4 Grafik <i>Shear Strength</i> tanah pada setiap <i>boring position</i> .....	28
Gambar 3.5 Grafik <i>N Value</i> tanah pada setiap <i>boring position</i> .....	29
Gambar 4.1 Pemodelan tampak samping beban mati pada SAP 2000 .....	31
Gambar 4.2 Pemodelan tampak 3D beban mati pada SAP 2000 .....	32
Gambar 4.3 Konfigurasi roda dan beban roda truk <i>container</i> .....	32
Gambar 4.4 Grafik <i>Region of Validity of Wave Theories</i> .....	33
Gambar 4.5 Pemodelan tampak samping beban gelombang pada SAP 2000 .....	34
Gambar 4.6 Pemodelan tampak 3D beban arus pada SAP 2000 .....	35
Gambar 4.7 Pemodelan tampak samping beban arus pada SAP 2000 .....	35
Gambar 4.8 Pemodelan tampak atas beban angin pada SAP 2000 .....	37
Gambar 4.9 Pemodelan tampak samping beban angin pada SAP 2000 .....	37
Gambar 4.10 Pemodelan tampak atas beban angin pada SAP 2000 .....	38
Gambar 4.11 Pemodelan tampak atas gaya <i>mooring</i> total pada SAP 2000 ...	41
Gambar 4.12 Respon spektrum gempa SAP 2000 di wilayah Balogan, Indramayu .....	42



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Koefisien Drag .....	7
Tabel 2.2 Koefisien Inersia .....	7
Tabel 2.3 Koefisien Drag .....	8
Tabel 2.4 Kecepatan Kapal Saat Merapat .....	10
Tabel 2.5 Kualifikasi Tanah Untuk Perhitungan Gempa .....	14
Tabel 2.6 Koefisien Situs Untuk Periode Gempa 1 Detik .....	14
Tabel 2.7 Koefisien Situs Untuk Gempa Periode Pendek .....	15
Tabel 2.8 Besar gaya tarik bitt beberapa ukuran kapal .....	17
Tabel 3.1 Data Kapal Tanker <i>Propylene</i> .....	27
Tabel 3.2 Data Kapal Tanker LPG .....	27
Tabel 4.1 Beban mati <i>jetty propylene</i> .....	31
Tabel 4.2 Parameter gelombang .....	33
Tabel 4.3 Hasil perhitungan gaya gelombang .....	34
Tabel 4.4 Perhitungan beban arus terhadap tiang pancang <i>jetty</i> .....	35
Tabel 4.5 Perhitungan beban angin pada <i>jetty</i> .....	36
Tabel 4.6 Hasil perhitungan <i>berthing energy</i> Kapal Gas Maluku .....	38
Tabel 4.7 Gaya <i>mooring</i> pada saat muatan kosong .....	39
Tabel 4.8 Gaya <i>mooring</i> pada saat muatan penuh .....	39
Tabel 4.9 Gaya <i>mooring</i> pada saat muatan kosong .....	39
Tabel 4.10 Gaya <i>mooring</i> pada saat muatan penuh .....	40
Tabel 4.11 Gaya <i>mooring</i> pada Bitt sudut 90° .....	40
Tabel 4.12 Gaya <i>mooring</i> pada Bitt sudut 15° .....	40
Tabel 4.13 <i>Steel design pile</i> .....	44
Tabel 4.14 Nilai defleksi saat analisis eksisting .....	45
Tabel 4.15 Hasil perhitungan <i>berthing energy</i> Kapal Karmila .....	47
Tabel 4.16 Gaya <i>mooring</i> pada saat muatan kosong .....	47
Tabel 4.17 Gaya <i>mooring</i> pada saat muatan penuh .....	48

Tabel 4.18 Gaya <i>Mooring</i> pada saat muatan kosong .....	48
Tabel 4.19 Gaya <i>mooring</i> pada saat muatan penuh .....	48
Tabel 4.20 Gaya <i>mooring</i> pada <i>bitt</i> sudut 90° .....	49
Tabel 4.21 Gaya <i>mooring</i> pada <i>bitt</i> sudut 15° .....	49
Tabel 4.22 <i>Steel design pile</i> .....	50
Tabel 4.23 Nilai defleksi saat modifikasi beban .....	51

## **DAFTAR LAMPIRAN**

LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN BEBAN GELOMBANG DAN ARUS

LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN BEBAN SANDAR KAPAL

LAMPIRAN 3 PERHITUNGAN GAYA PADA *BITT*

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang Masalah

PT. Pertamina (Persero) merupakan badan usaha milik negara yang bergerak di bidang energi meliputi minyak, gas serta energi baru dan terbarukan. Kegiatan PT. Pertamina dalam menyelenggarakan usaha di bidang energi dan petrokimia, terbagi ke dalam dua sektor, yaitu Hulu dan Hilir. Perusahaan ini memiliki enam buah kilang yang aktif tersebar di berbagai daerah di Indonesia dan salah satunya adalah PT. Pertamina *Refinery Unit VI* Balongan, Indramayu, Jawa Barat yang merupakan unit pengolahan minyak yang dibangun untuk kebutuhan BBM di daerah Jakarta dan Jawa Barat. Kilang ini dirancang untuk mengolah bahan baku minyak mentah Duri dan minyak mentah Minas.



**Gambar 1.1** Lokasi Studi PT. Pertamina RU VI

Pada tahun 2018, PT. Pertamina *Refinery Unit VI* Balongan akan melakukan *overhaul* yang mengakibatkan seluruh kegiatan produksi di kilang akan berhenti selama kurang lebih 2 minggu. *Overhaul* adalah perbaikan mesin/alat secara total yang dilakukan perusahaan supaya kinerja mesin atau alat bekerja dengan baik seperti baru awal kembali. Tetapi tidak baru juga, dikarenakan hanya beberapa komponen saja yang diperbaiki. Seluruh *equipment* kilang dilakukan proses pemeriksaan terlebih dahulu oleh para *engineer*. Jika ada *equipment* yang rusak atau sesuai *schedule* yang sudah direncanakan oleh pihak Pertamina harus ada pembaruan, maka *equipment* akan diganti yang baru. Baik dengan *spare* yang ada



di gudang maupun mendatangkan *equipment* baru dari luar kilang. Seluruh proses transportasi *equipment* melalui fasilitas laut yaitu melalui *jetty propylene* yang dimiliki PT. Pertamina RU VI.

*Jetty* adalah dermaga yang cukup jauh menjorok ke laut, dengan maksud agar ujung dermaga pada kedalaman yang cukup untuk kapal merapat (Triatmojo, 2009). *Jetty ropylene* pada kegiatan sehari-hari digunakan untuk proses *loading-unloading* propylene dan LPG. Tetapi pada saat *overhaul*, *jetty propylene* digunakan untuk proses transportasi *equipment* yang berasal dari luar kilang.



**Gambar 1.2** *Jetty Propylene* PT. Pertamina RU VI

(Sumber: PT. Pertamina, 2015)

Dalam rangka *overhaul*, *jetty propylene* diperkirakan akan menopang beban dari *equipment* seberat 550 ton. *Jetty propylene* tersebut kurang mendapat perhatian serius dari pihak PT. Pertamina RU VI. Dengan umur yang sudah mencapai sekitar 25 tahun, banyak mengalami kerusakan diantaranya yaitu terjadi korosi pada tiang pancang *jetty* dan beton struktur, pendangkalan pada area labuh dan yang parah adalah terjadi penurunan (*settlement*) pada *jetty*.

Oleh karena itu pada tugas akhir ini penulis akan membahas tentang analisa kekuatan awal struktur *jetty* dan kekuatan struktur *jetty* setelah mendapatkan modifikasi beban akibat *equipment* menggunakan pendekatan LRFD. Analisa kekuatan struktur dan modifikasi struktur *jetty* dilakukan dengan *software* SAP 2000. Hasil dari tugas akhir ini diharapkan bisa dapat memberi gambaran apakah *jetty propylene* mampu menyokong beban 550 ton. Dengan harapan hal ini dapat

rekomendasi kepada pihak PT. Pertamina RU VI Balongan dalam pelaksanaan *overhaul*.

### **1.2. Perumusan Masalah**

Permasalahan yang akan menjadi bahan kajian dalam tugas akhir ini antara lain:

1. Bagaimana kekuatan awal struktur *jetty propylene* saat ini?
2. Berapakah besarnya tegangan dan lendutan akibat modifikasi beban?
3. Bagaimana modifikasi struktur *jetty propylene* yang diperlukan untuk mampu menahan beban maksimal akibat modifikasi?

### **1.3. Tujuan**

Dari perumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kekuatan awal struktur *jetty propylene* saat ini.
2. Mengetahui besarnya tegangan dan lendutan akibat modifikasi beban.
3. Mengetahui modifikasi struktur *jetty propylene* yang diperlukan untuk mampu menahan beban maksimal akibat modifikasi.

### **1.4. Manfaat**

Manfaat dari tugas akhir ini adalah dapat mengetahui design dan kekuatan struktur *jetty propylene* setelah terjadi modifikasi beban serta modifikasi struktur *jetty* yang dapat dilakukan untuk perkuatan struktur. Dimana dapat menjadi acuan PT. Pertamina RU VI dalam pelaksanaan *overhaul* pada tahun 2018.

### **1.5. Batasan Masalah**

Pembatasan masalah dilakukan untuk menghindari pembahasan yang melebar sehingga dilakukan asumsi sebagai berikut.

Beban lingkungan yang diperhitungkan adalah beban gelombang dan arus, gempa, dan gaya sandar kapal untuk beban lateralnya. Sedangkan untuk beban aksial dipengaruhi oleh beban dari strukturnya sendiri/dead load.

1. Gaya arus merupakan gaya drag.
2. Tidak melakukan analisis kekuatan bollard akibat penambahan beban kapal.
3. Hanya melakukan analisis tiang pancang dan daya dukungnya, struktur atas

*jetty* dianggap kuat dan mampu menahan beban yang diterima.

4. Tidak melakukan analisis korosi yang terjadi pada tiang pancang.
5. Tidak melakukan analisis *scouring* yang terjadi dibawah tiang akibat pengaruh gelombang.
6. Tidak melakukan perhitungan rencana anggaran biaya (RAB).

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian tentang perencanaan struktur *jetty* telah banyak dilakukan sebelumnya. Salah satunya oleh Herliska Iskandar (2011) yang membahas “Perencanaan Struktur *Jetty* dan Perkerasan Terminal Multipurpose di Morokrembangan, Surabaya”, Jeffwirlan (2010) yang membahas “Perencanaan *Jetty CPO* Precast di Perairan Tanjung Pakis Lamongan”, dan Niko Puspawardana (2013) yang membahas “Perencanaan Detail *Jetty* LNG 30.000 DWT di Perairan Utara Pantai Tuban”.

Selain itu analisis kekuatan struktur bangunan pantai dilakukan oleh Muhammad Yuli (2016) yang membahas “Analisa Konfigurasi Jumlah Tiang Pancang Miring Terhadap Kekuatan Struktur *Breasting Dolphin* Desa Sedayu Lawas Kecamatan Brondong Kabupaten Lamongan” dan analisis keruntuhan bangunan struktur pantai dilakukan oleh Fatih Azmi (2016) yang membahas “Analisa Resiko Keruntuhan Struktur *Breasting Dolphin* Akibat Penambahan DWT Kapal Tanker”.

#### 2.2. Dasar Teori

##### 2.2.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat dari dolphin structure serta segala perlengkapan yang permanent dan peralatan struktur yang tidak dapat diganti saat operation mode. Beban mati meliputi :

1. Berat dari struktur *jetty* sendiri.
2. Beban struktur tiang pancang.
3. Berat perlengkapan dan peralatan struktur yang terpasang secara permanent pada *jetty*.

##### 2.2.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban bergerak termasuk manusia/pekerja, peralatan, perlengkapan lain, partisi yang bergerak, bagian dari peralatan yang dibongkar dan material-material yang sifatnya disimpan sementara.

### 2.2.3 Beban Gelombang

Syarat pemilihan teori untuk perhitungan gaya gelombang didasarkan pada perbandingan antara diameter struktur ( $D$ ) dengan panjang gelombang ( $\lambda$ ) sebagai berikut:

$D/\lambda > 1$  : Gelombang mendekati pemantulan murni, persamaan Morison tidak valid.

$D/\lambda > 0.2$  : Difraksi gelombang perlu diperhitungkan, persamaan Morison tidak valid.

$D/\lambda < 0.2$  : Persamaan Morison valid.

Menurut Indiyono (2004), persamaan Morison mengasumsikan bahwa gelombang terdiri dari komponen gaya inersia dan drag (hambatan) yang dijumlahkan secara *linier*. Persamaan dalam perhitungan gaya gelombang pada tiang vertikal dengan kondisi gelombang tidak pecah (*non-breaking waves*) dinyatakan sebagai berikut:

$$F = F_d + F_i \dots\dots\dots (1)$$

$$F_{drag} = \frac{1}{2} \rho C_D \partial z D |u| u \dots\dots\dots (2)$$

$$F_{Inersia} = \frac{1}{4} \rho C_I \pi D \frac{\partial u}{\partial t} \dots\dots\dots (3)$$

dengan:

$F$  = Gaya horizontal (tonf)

$\rho$  = Berat jenis air laut (ton/m<sup>3</sup>)

$D$  = Diameter pile (m)

$U$  = Kecepatan partikel air (m/s)


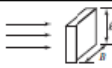
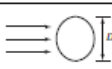
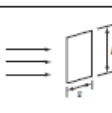
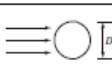

$C_I$  = Koefisien inersia.

$C_D$  = *Drag Coefficient* ( $C_d = 1.0$  untuk *pile*)

$A$  = Luas selimut tiang yang terekspos gelombang (m<sup>2</sup>)


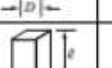
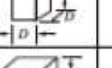
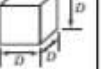

Koefisien gesek dan koefisien inersia yang digunakan untuk tiang sesuai dengan *Technical standards for Port and Harbour Facilities in Japan* (OCDI, 2002) adalah sebagai berikut.

**Tabel 2.1** Koefisien Drag

Shape	Projected area	Drag coefficient
Circular cylinder (rough surface) 	$D \ell$	$1.0 (\ell > D)$
Rectangular prism 	$B \ell$	$2.0 (\ell > B)$
Circular disc 	$\frac{\pi}{4} D^2$	1.2
Flat plate 	$a b$	$a/b = 1 \rightarrow 1.12$ $a/b = 2 \rightarrow 1.15$ $a/b = 4 \rightarrow 1.19$ $a/b = 10 \rightarrow 1.29$ $a/b = 18 \rightarrow 1.40$ $a/b = \infty \rightarrow 2.01$
Sphere 	$\frac{\pi}{4} D^2$	$0.5 \sim 0.2$
Cube 	$D^2$	$1.3 \sim 1.6$

(Sumber, OCDI 2002)

**Tabel 2.2** Koefisien Inersia

Shape	Reference volume	Inertia coefficient
Circular cylinder 	$\frac{\pi}{4} D^2 \ell$	$2.0 (\ell > D)$
Square-based prism 	$D^2 \ell$	$2.19 (\ell > D)$
Cube 	$D^3$	1.67
Sphere 	$\frac{\pi D^3}{6}$	1.5
Flat plate 	$\frac{\pi}{4} D^2 \ell$	$D/\ell = 1 \rightarrow 0.61$ $D/\ell = 2 \rightarrow 0.85$ $D/\ell = \infty \rightarrow 1.0$

(Sumber, OCDI 2002)

#### 2.2.4 Beban Angin

Gaya angin yang bekerja pada permukaan dari struktur atas dihitung sesuai dengan BS 5400; Part 2 Clause 5.3 Wind Load 1978. Hasil perhitungan kecepatan angin dan arah angin masing-masing ditunjukkan sebagai berikut. Gaya angin yang bekerja pada permukaan dek dengan area diproyeksikan, A, dihitung sebagai berikut:

$$F_v = q \times A \times C_D \dots\dots\dots (4)$$

$$q = 0.613 \times V_c^2 \dots\dots\dots (5)$$

dimana :

$F_v$  = Wind Load (N)

$C_D$  = Drag Coefficient

$A$  = Silid Area ( $m^2$ )

$q$  = Dynamic pressure head (in  $N/m^2$ ,  $= 0.613 V_c^2$ )

$V_c$  = Kecepatan angin rencana

**Tabel 2.3** Koefisien Drag

**Table 8. Drag coefficient  $C_D$  for piers**

Plan shape	$\frac{t}{b}$	height $C_D$ for pier ——— ratio of breadth						
		1	2	4	6	10	20	40
WIND →	$\leq \frac{1}{4}$	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.9	2.1
→	$\frac{1}{4}$ $\frac{1}{2}$	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2
→	$\frac{1}{2}$	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2
→	1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0
→	$1\frac{1}{2}$	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7
→	2	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4
→	3	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.2
→	$\geq 4$	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	1.1
→  SQUARE OR OCTAGONAL →		1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4
12 SIDED POLYGON		0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.3
CIRCLE WITH SMOOTH SURFACE WHERE $v_e \geq 6 m/s$		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6
CIRCLE WITH SMOOTH SURFACE WHERE $v_e < 6 m/s$ ALSO CIRCLE WITH ROUGH SURFACE OR WITH PROJECTIONS		0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.2

NOTE 1. After erection of the superstructure,  $C_D$  shall be derived for a height/breadth ratio of 40.  
NOTE 2. For a rectangular pier with redressed corners, the value of  $C_D$  derived from table 8 shall be multiplied by  $(1 - 1.5r/b)$  or 0.5, whichever is greater.  
NOTE 3. For a pier with triangular nosings,  $C_D$  shall be derived as for the rectangle encompassing the outer edges of the pier.  
NOTE 4. For a pier tapering with height,  $C_D$  shall be derived for each of the unit heights into which the support has been subdivided (see 8.3.2.1.4.). Mean values of  $t$  and  $b$  for each unit height shall be used to evaluate  $t/b$ . The overall pier height and the mean breadth of each unit height shall be used to evaluate height/breadth.

## 2.2.5 Beban Arus

Dimana arah arus terjadi pada arah yang sama dengan arah gelombang, kecepatan arus dan kecepatan gelombang akan menjadi superimpose. Arus diasumsikan konstan. Beban arus pada tiang yang dipengaruhi oleh drag load pada

tiang pancang diperhitungkan berdasarkan pada BS 6349 : Part 1 : 2000, Clause 38.2, dengan persamaan berikut:

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho V^2 A_n \dots\dots\dots (6)$$

dimana:

- $F_D$  = Steady drag force
- $\rho$  = Density of fluid (1.025 t/m<sup>3</sup> untuk air laut)
- $A_n$  = Area normal
- $V$  = Incident current velocity (m/sec)
- $C_D$  = Drag Coefficient ( $C_D = 1.0$  untuk pile)

### 2.2.6 Beban Sandar Kapal

Pada saat kapal merapat ke dermaga, kapal masih mempunyai kecepatan sehingga akan terjadi benturan antara kapal dan dermaga. Gaya yang ditimbulkan oleh benturan kapal tersebut disebut dengan gaya sandar (*berthing forces*).

Gaya benturan kapal yang harus ditahan dermaga tergantung pada energi benturan yang diserap oleh sistem fender yang dipasang pada dermaga. Gaya benturan bekerja secara horisontal dan dapat dihitung berdasarkan energi benturan. Hubungan antara gaya dan energi benturan tergantung pada tipe fender yang digunakan. Besar energi benturan diberikan oleh persamaan berikut.

$$E = \frac{wv^2}{2g} C_m C_s C_c C_e \dots\dots\dots (7)$$

dengan:

- $E$  = Energi kinetik yang timbul akibat benturan kapal (tonf)
- $V$  = Kecepatan kapal saat merapat (m/s)
- $\alpha$  = Sudut penambatan kapal terhadap garis luar dermaga (°)
- $g$  = Percepatan gravitasi bumi (kg/m<sup>2</sup>)
- $C_H$  = Koefisien massa hydrodinamis, merupakan faktor untuk

memperhitungkan besarnya massa air yang bergerak di sekeliling kapal dan massa air ini menambah besar massa kapal yang merapat. Rumus yang digunakan adalah

$$C_H = 1 + \frac{2\pi * D}{2C_b * B} \approx 1 + \frac{2D}{B} \dots\dots\dots (8)$$



Disini terlihat bahwa harga  $C_H$  tergantung dari ukuran kapal yaitu  $D$  untuk draft kapal dan  $B$  untuk lebar kapal.

$C_C$  = Configuration Coefficient. Adalah koefisien untuk konfigurasi struktur tambatan dalam rangka memperhitungkan adanya efek bantalan air. Efek ini timbul karena adanya massa air yang terjepit antara posisi kapal merapat dengan tambatan. Bila tambatan merupakan konstruksi solid (misal = kade) maka adanya efek bantalan akan mengurangi energy tumbukan, sedang pada konstruksi Open pier atau Jetty air tidak membentuk bantalan.  $C_C = 1$  untuk jetty, open pier.

$C_S$  = Softness Coefficient. Untuk mengantisipasi pengaruh deformasi elastis terhadap badan kapal maupun konstruksi tambatan. Harga  $C_S = 0,9 - 1,0$ , dan biasanya diambil  $C_S = 1,0$  (tidak ada deformasi).

Kecepatan merapat kapal merupakan salah satu faktor penting dalam perencanaan dermaga dan sistem *fender*, yang dapat ditentukan dari nilai pengukuran atau pengalaman (Triatmodjo, 2009). Secara umum kecepatan kapal merapat diberikan dalam tabel berikut ini.

**Tabel 2.4** Kecepatan Kapal Saat Merapat

Ukuran Kapal (DWT)	Kecepatan kapal merapat	
	Pelabuhan (m/d)	Laut terbuka (m/d)
Sampai 500	0.25	0.30
500 – 10.000	0.15	0.20
10.000 – 30.000	0.15	0.15
Di atas 30.000	0.12	0.15

(Sumber: Triatmodjo, 2009)

Dalam penelitian, ini kapal yang beroperasi disekitar dermaga adalah jenis kapal ikan dengan ukuran kapal terbesarnya 6.000 DWT. Untuk nilai penurunan kecepatan kapal pada saat kapal merapat dermaga dianggap mencapai setengah dari kecepatan dinas atau kecepatan operasi kapal itu sendiri. Koefisien massa ( $C_m$ ) tergantung dari gerakan air disekeliling kapal yang dihitung dengan persamaan berikut:

$$C_m = 1 + \frac{\pi D}{2C_b B} \dots\dots\dots (9)$$

dengan:

D = draft kapal (m)

C<sub>b</sub> = koefisien blok kapal.

B = lebar kapal (m)

Sedangkan koefisien blok (C<sub>b</sub>) di dapat dari persamaan sebagai berikut.

$$C_B = \frac{W}{L_{pp} \times B \times d \times \gamma} \dots\dots\dots (10)$$

dengan:

L = panjang kapal yang dalam hal ini adalah panjang garis air (m)

V = kecepatan dinas kapal (m/s)

Terdapat juga parameter lainnya dalam penentuan beban sandar kapal yaitu koefisien eksentrisitas. Koefisien eksentrisitas adalah perbandingan antara energi sisa dengan energi kinetik kapal yang merapat dan dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

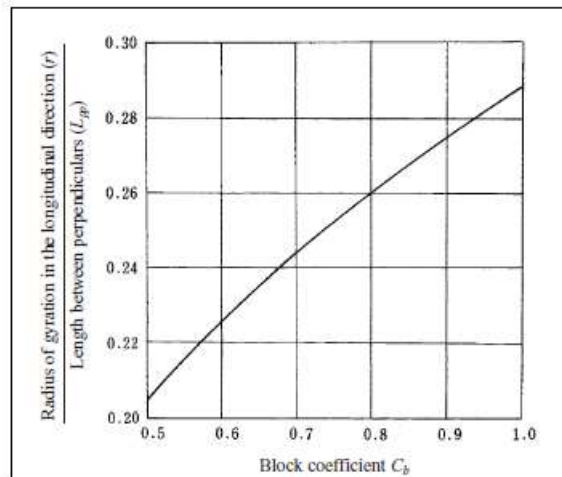
$$C_e = \frac{1}{1 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} \dots\dots\dots (11)$$

dengan:

l = jarak sepanjang permukaan air dermaga dari pusat berat kapal sampai titik sandar kapal l = ¼ Loa.

r = jari-jari putaran di sekeliling pusat berat kapal pada permukaan air

Gambar 2.1 merupakan kurva yang memuat hubungan antara koefisien blok dan panjang garis air, dengan mengetahui dua parameter tersebut maka dapat ditentukan nilai dari jari-jari putaran pada pusat berat kapal untuk menghitung koefisien eksentrisitas.



**Gambar 2.1** Jari-jari putaran disekeliling pusat berat kapal

(Sumber: OCDI, 2002)

Titik kontak pertama antara kapal dan dermaga adalah suatu titik dari seperempat ( $1/4$ ) panjang kapal pada dermaga dan sepertiga ( $1/3$ ) panjang kapal pada *dolphin* dan nilai  $l$  adalah:

Dermaga :  $l = 1/4 \text{ LOA}$ .

*Dolphin* :  $l = 1/3 \text{ LOA}$ .

LOA : Panjang total kapal.

### 2.2.7 Beban Gempa

Gempa adalah fenomena getaran yang diakibatkan oleh benturan atau pergesekan lempeng tektonik (plate tectonic) bumi yang terjadi di daerah patahan (fault zone). Gempa yang terjadi di daerah patahan ini pada umumnya merupakan gempa dangkal karena patahan umumnya terjadi pada lapisan bumi dengan kedalaman antara 15 sampai 50 km. Gempa terjadi jika tekanan pada lapis batuan yang disebabkan oleh pergerakan lempeng tektonik bumi, melebihi kekuatan dari batuan tersebut. Besarnya beban gempa yang terjadi pada struktur suatu bangunan tergantung dari beberapa faktor yaitu, massa dan kekakuan struktur, waktu getar alami dan pengaruh redaman dari struktur, kondisi tanah, dan wilayah kegempaan dimana struktur bangunan tersebut didirikan. Massa dari struktur bangunan merupakan faktor yang sangat penting, karena beban gempa merupakan gaya inersia yang besarnya sangat tergantung dari besarnya massa dari struktur.

Analisis dan perencanaan struktur bangunan tahan gempa, pada umumnya hanya memperhitungkan pengaruh dari beban gempa horisontal yang bekerja pada

kedua arah sumbu utama dari struktur bangunan secara bersamaan. Sedangkan pengaruh gerakan gempa pada arah vertikal tidak diperhitungkan, karena sampai saat ini perilaku dari respon struktur terhadap pengaruh gerakan gempa yang berarah vertikal, belum banyak diketahui. Pembebanan terhadap beban gempa ditinjau secara statik, sedangkan besaran gaya gempa statik ekuivalen merujuk pada persamaan SNI 03-1726 (2012).

$$V = C_s \cdot W_t \dots\dots\dots (12)$$

dengan:

$V$  = Beban (gaya) geser dasar nominal.

$C_s$  = Koefisien respons seismic.

$W_t$  = Berat total struktur.

Untuk nilai dari koefisien respons seismic dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$C_s = SD / (R/I) \dots\dots\dots (13)$$

dengan:

$SD$  = Parameter percepatan respons spectrum desain pada periode 1 detik.

$I$  = Faktor keutamaan struktur dengan nilai 1 (bangunan kategori resiko I).

$R$  = Faktor reduksi gempa untuk kolom kantilever penahan momen. (2.2 untuk tiang baja dan tiang beton sesuai dengan SNI 03-1726- 2012).

$T_0$  = Periode natural fundamental ( $0.2 \times SD_1/SDS$ ).

Sedangkan untuk menentukan nilai dari  $SD_1$  dan  $SDS$  bisa menggunakan persamaan berikut ini:

$$SD_1 = 2/3 (F_v \times S_1) \dots\dots\dots (14)$$

$$SD_s = 2/3 (F_a \times S_s) \dots\dots\dots (15)$$

dengan:

$F_v$  = Faktor situs untuk periode gempa 1 detik (periode panjang).

$F_a$  = Faktor situs untuk periode gempa > 1 detik (periode pendek).

$S_1$  = Parameter respons spektral percepatan gempa periode 1 detik.

$S_s$  = Parameter respons spektral percepatan gempa periode pendek.

$SD_s$  = Parameter percepatan respons spectrum desain pada periode pendek.

**Tabel 2.5** Kualifikasi Tanah Untuk Perhitungan Gempa

Kelas situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{eq}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100

SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ , 3. Kuat geser nirair $\bar{s}_u < 25$ kPa			
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$ ) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

**CATATAN:** N/A = tidak dapat dipakai

(Sumber: SNI 03-1726-2012)

Dalam Tabel 2.5 terdapat kualifikasi jenis tanah yang dapat digunakan untuk menghitung faktor situs untuk menentukan spektrum seismik berdasarkan SNI 03-1726 (2012). Dengan mengacu pada nilai  $S_1$  maka dapat diketahui jenis tanah untuk dipergunakan dalam tabel berikut sesuai dengan wilayah gempa.

**Tabel 2.6** Koefisien Situs Untuk Periode Gempa 1 Detik

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa $MCE_R$ terpetakan pada periode 1 detik, $S_1$				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS <sup>b</sup>				

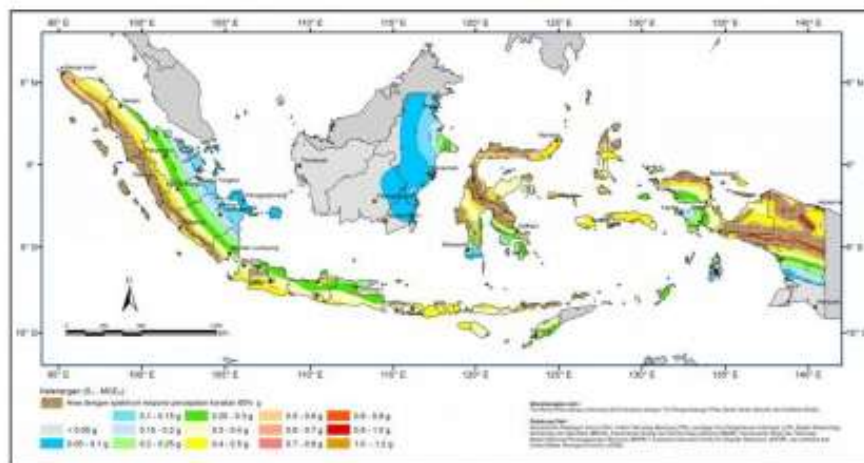
(Sumber: SNI 03-1726-2012)

**Tabel 2.7** Koefisien Situs Untuk Gempa Periode Pendek

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	$SS^0$				

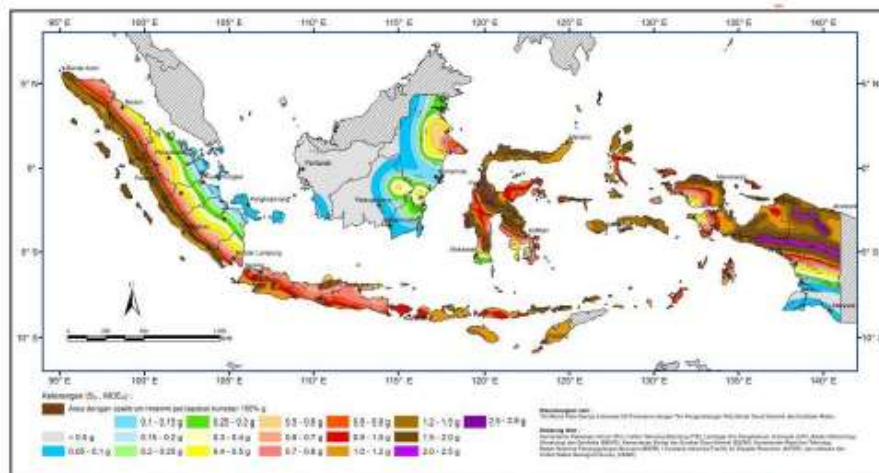
(Sumber: SNI 03-1726-2012)

Untuk perhitungan nilai koefisien respons percepatan spektral gempa dalam periode waktu 1 detik ( $S_1$ ) dan gempa dalam periode pendek ( $S_s$ ), dapat dilihat dari peta persebarannya berikut ini:



**Gambar 2.2** Peta Persebaran Nilai  $S_1$  Di Indonesia

(Sumber: SNI 03-1726-2012)



**Gambar 2.3** Peta Persebaran Nilai  $S_s$  Di Indonesia

(Sumber: SNI 03-1726-2012)

### 2.2.8 Gaya *Mooring* Akibat Gaya Angin pada Kapal

Gaya *mooring* terjadi pada saat kapal bersandar di dermaga. Gaya *mooring* ini timbul akibat gaya angin yang bekerja pada bagian kapal berada di atas permukaan air. Gaya *mooring* akibat gaya angin pada kapal dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$R = 1/2\rho CV^2(A\cos^2\theta + B\sin^2\theta) \dots\dots\dots (16)$$

Dengan :

R = Resultan gaya *mooring* akibat gaya angin pada kapal (kgf)

$\rho$  = Massa jenis udara

C = Koeffisien tekanan angin (1,20)

V = Kecepatan Angin (m/s)

A = Proyeksi area bagian depan kapal diatas permukaan air (m<sup>2</sup>)

B = Proyeksi area bagian samping kapal diatas permukaan air (m<sup>2</sup>)

$\theta$  = Sudut arah datang angin (90° kondisi ekstrim)

### 2.2.9 Gaya *Mooring* Akibat Gaya Arus pada Kapal

Sama seperti gaya *mooring* akibat gaya angin, gaya *mooring* ini juga terjadi pada saat kapal bersandar di dermaga. Gaya *mooring* ini timbul akibat gaya arus yang bekerja pada lambung kapal berada di bawah permukaan air. Gaya *mooring* akibat gaya arus pada kapal dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$R = 1/2\rho CV^2B \dots\dots\dots (17)$$

Dengan :

R= Resultan gaya *mooring* akibat gaya angin pada kapal (kgf)

$\rho$  = Massa Jenis air Laut ( $\rho = 104,5 \text{ kgf s}^2/\text{m}^4$ )

C = Koeffisien tekanan fluida (C = 4,63)

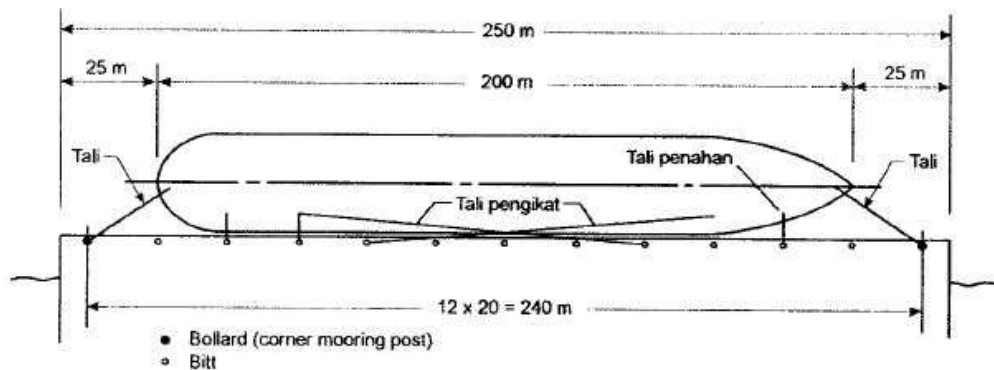
V = Kecepatan arus (m/s)

B = Luas Kapal dibawah permukaan air (m<sup>2</sup>)

### 2.2.10 Bitt

Kapal yang berlabuh ditambatkan ke dermaga dengan mengikat tali-tali penambat ke bagian halauan, buritan, dan badan kapal. Gambar 2.4 menunjukkan metode pengikatan kapal ke dermaga. Tali-tali penambat tersebut diikatkan pada alat penambat yang dikenal dengan bitt yang dipasang di sisi dermaga. Bitt dengan

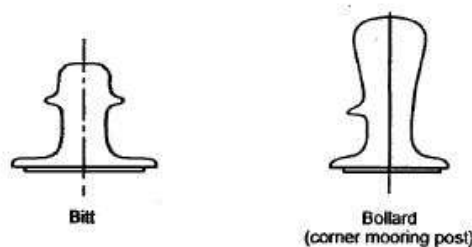
ukuran yang lebih besar disebut dengan bollard yang diletakkan pada kedua ujung dermaga atau tempat yang agak jauh dari sisi muka dermaga.



**Gambar 2.4** Metode pengikatan kapal ke dermaga

(Sumber: Triatmodjo, 2009)

Alat penambat ini ditanam pada dermaga pada dengan menggunakan baut yang dipasang melalui pipa yang ditempatkan di dalam beton. Dengan cara tersebut mengganti baut jika rusak. Alat pengikat ini biasanya terbuat dari besi cor berbentuk silinder yang pada ujung atasnya dibuat tertutup dan lebih besar sehingga dapat menghalangi keluarnya tali kapal yang diikatkan. Supaya tidak mengganggu kelancaran kegiatan di dermaga (bongkar muat barang) maka tinggi bolder dibuat tidak boleh lebih tinggi dari 50 cm di atas lantai dermaga. Gambar 2.5 menunjukkan contoh 2 tipe alat pengikat. Besar gaya tarik yang terjadi pada dermaga untuk beberapa ukuran kapal diberikan dalam Tabel 2.8.



**Gambar 2.5** Contoh 2 tipe alat pengikat

(Sumber: Triatmodjo, 2009)

**Tabel 2.8** Besar gaya tarik bitt beberapa ukuran kapal

Kapal (DWT)	<i>Tractive Force on Bollard</i> (ton)	<i>Tractive force on Bitt</i> (ton)
200 ~ 500	15	10
501 ~ 1000	25	15



1001~2000	35	15
2001~3000	35	25
3001~5000	50	35
5001~10000	70	50 (25)
10001~15000	100	70 (25)
15001~20000	100	70 (35)
20001~50000	150	100 (35)
50001~100000	200	100 (50)

### 2.2.11 Metode Pembebanan *American Institute of Steel Construction (AISC)*

Praktek disain dewasa ini memanfaatkan pengetahuan tentang mekanika material, analisis struktur, dan secara khusus, stabilitas struktur, bersama-sama dengan aturan-aturan disain demi menjamin keamanan. Yang paling luas digunakan adalah peraturan disain yang diterbitkan oleh *American Institute of Steel Construction (AISC)*, dalam *Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Building* dan *Spesification for Structural Steel Building – Allowable Stress Design and Plastic Design*.

Metoda pembebanan struktur bisa berdasarkan metoda *Working Stress Design (WSD)* atau *Load and Resistance Factor Design (LRFD)*. Perbedaan kedua metode ini terletak pada nilai koefesien terfaktor yang digunakan untuk kondisi beban yang berbeda. Nilai koefesien terfaktor ini merupakan nilai faktor keamanan struktur tersebut. Secara umum, persamaan untuk persyaratan untuk keamanan dapat ditulis sebagai berikut :

$$\phi R_n \geq \Sigma \gamma_i Q_i \dots\dots\dots (18)$$

dimana ruas kiri persamaan diatas mewakili resistensi, atau kekuatan dari komponen atau sistem; sedangkan sisi kanan mewakili beban yang diharapkan akan ditanggung.

$R_n$  dikalikan dengan faktor resistensi  $\phi$  (reduksi kekuatan) untuk mendapatkan kekuatan desain. Pada sisi beban persamaan di atas, berbagai efek beban  $Q_i$  (seperti beban mati, dan beban hidup) dikalikan dengan faktor-faktor kelebihan beban  $\gamma_i$  untuk mendapatkan jumlah  $\Sigma \gamma_i Q_i$  dari beban-beban terfaktor. Subskrip  $i$  menunjukkan bahwa harus ada isian untuk masing-masing tipe beban  $Q_i$  yang bekerja, seperti beban mati, beban hidup dan beban lingkungan. Faktor  $\gamma_i$  mungkin

saja berlainan untuk masing-masing tipe beban. Namun untuk metode WSD, Faktor  $\gamma_i$  tidak berbedabeda untuk masing-masing tipe beban, sehingga perubahan-perubahan dalam berbagai faktor kelebihan beban dan faktor resistensi dilakukan dengan mengubah tegangan ijin.

#### 2.2.12 Metode *Working Stress Design* (WSD)

Metode tradisional dari spesifikasi AISC adalah *Allowable Stress Design* (disain tegangan yang diijinkan) yang disebut pula *Working Stress Design* (disain tegangan kerja). Fokus metode WSD terletak pada kondisi beban layanan yang harus memenuhi persyaratan keamanan bagi struktur tersebut.

Untuk metoda WSD, persamaan (18) dapat ditulis kembali sebagai berikut :

$$\frac{\phi R_n}{\gamma} \geq \sum Q_i \quad \dots\dots\dots (19)$$

Dalam filosofi WSD, semua beban diasumsikan sebagai memiliki variabilitas rata-rata yang sama. Keseluruhan variabilitas beban-beban dan kekuatankekuatan yang ditempatkan pada ruas kekuatan dalam persamaan tersebut. Untuk analisa suatu struktur balok, ruas kiri mewakili kekuatan nominal balok  $M_n$  yang dibagi oleh suatu faktor keamanan FS sedangkan ruas kanan mewakili momen lentur beban layanan  $M$  yang bekerja sebagai total dari semua beban. Dengan demikian, persamaan (18) dapat dituliskan menjadi :

$$\frac{M_n}{FS} \geq M \quad \dots\dots\dots (20)$$

#### 2.2.13 Metode *Load Resistance Factor Design* (LRFD)

Format dari *Load Resistance Factor Design* (LRFD) adalah filosofi desain berdasarkan kehandalan yang berlawanan dengan format *Work Stress Design* (WSD). Dalam WSD ketidakpastian yang terjadi secara alami dalam penentuan beban diperhitungkan kekuatan struktur secara eksplisit diperhitungkan.

Terdapat faktor beban dalam LRFD untuk tiap-tiap pembebanan. Faktor-faktor ini diambil untuk perhitungan ketidakpastian dari pembebanan tertentu yang dijumpai dalam desain, derajat ketidakpastian dari setiap jenis beban digunakan untuk menentukan nilai dari desainnya.

LRFD berdasarkan pada analisis kehandalan dan mempertimbangkan tiga faktor, yaitu ketidakpastian, resiko, dan ekonomi. Kondisi probabilistik dari setiap variabel acak menggambarkan ketidakpastian yang meliputi kemungkinan

terjadinya *scatter* yang tidak terhindarkan dan ketidakpastian subjektifitas dari pemodelan.

Format umum dari metode LRFD adalah kekuatan ( $\phi R_n$ ) yang disediakan dalam desain paling tidak harus sama dengan beban-beban terfaktor yang bekerja ( $\Sigma \gamma_i Q_i$ ). Subskrip  $i$  menunjukkan bahwa harus ada faktor beban  $\gamma_i$  untuk setiap tipe beban  $Q_i$  yang bekerja, seperti beban mati (D), beban hidup (L) dan beban gempa (E). Faktor untuk masing-masing tipe beban dapat berlainan.

#### 2.2.14 Kombinasi Pembebanan

Untuk keperluan desain, analisis dari sistem struktur perlu diperhitungkan terhadap adanya kombinasi pembebanan (*Load combination*) dari beberapa kasus beban yang dapat bekerja secara bersamaan selama umur rencana. Struktur, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen fondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi pembebanan. Kondisi kombinasi pembebanan mengacu pada *Unified Facilities Criteria (UFC), Design: Piers and Wharves* 2012. Faktor beban dan kombinasi pembebanan untuk jetty propylene di jelaskan di bawah ini :

- **Kombinasi Pembebanan Saat *Vacant***

$$\text{Comb 1} = 1,4 \text{ DL} \dots\dots\dots (21)$$

$$\text{Comb 2} = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \dots\dots\dots (22)$$

$$\text{Comb 3} = 1,2 \text{ DL} + 0,5 \text{ LL} + 1,0 \text{ EQ} \dots\dots\dots (23)$$

$$\text{Comb 4} = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,6 \text{ W} \dots\dots\dots (24)$$

$$\text{Comb 5} = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,6 \text{ C} \dots\dots\dots (25)$$

$$\text{Comb 6} = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,6 \text{ A} \dots\dots\dots (26)$$

- **Kombinasi Pembebanan Saat *Berthing***

$$\text{Comb 7} = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} + 1,6 \text{ B} \dots\dots\dots (27)$$

$$\text{Comb 8} = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,0 \text{ B} + 1,0 \text{ EQ} \dots\dots\dots (28)$$

$$\text{Comb 9} = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,0 \text{ B} + 1,6 \text{ W} \dots\dots\dots (29)$$

$$\text{Comb 10} = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,0 \text{ B} + 1,6 \text{ C} \dots\dots\dots (30)$$

$$\text{Comb 11} = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,0 \text{ B} + 1,6 \text{ A} \dots\dots\dots (31)$$

- **Kombinasi Pembebanan Saat *Mooring***

$$\text{Comb 12} = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} + 1,6 \text{ M} \dots\dots\dots (32)$$

$$\text{Comb 13} = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,0 \text{ M} + 1,0 \text{ EQ} \dots\dots\dots (33)$$

$$\text{Comb 14} = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,0 \text{ M} + 1,6 \text{ W} \dots\dots\dots (34)$$

$$\text{Comb 15} = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,0 \text{ M} + 1,6 \text{ C} \dots\dots\dots (35)$$

$$\text{Comb 16} = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,0 \text{ M} + 1,6 \text{ A} \dots\dots\dots (36)$$

Keterangan :

DL = Beban Mati

LL = Beban Hidup

E = Beban Gempa

W = Beban Gelombang

C = Beban Arus

A = Beban Angin

B = Beban *Berthing*

M = Beban *Mooring*

#### 2.2.15 Capacity Ratio

Di dalam perhitungan gaya aksial/momen *capacity ratio*, untuk setiap bagian sepanjang member, gaya/momen yang sebenarnya terjadi pada member dihitung berdasarkan beban kombinasi. *Capacity ratio* dihitung di setiap *station* pada member dibawah pengaruh tiap-tiap beban kombinasi. Kontrol tekanan dan tegangan kapasitas rasio kemudian diperoleh, bersama dengan *station* dan kombinasi beban terkait. Nilai kapasitas rasio yang melebihi dari 1 berarti melebihi batas yang ditentukan.

#### 2.2.16 Axial and Bending Stress

Rasio interaksi ditentukan berdasarkan rasio  $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 2$ . Jika  $P_u$  adalah tarik,  $P_n$  adalah nominal daya tarik aksial dan  $\phi = \phi_t = 0,9$ , dan jika  $P_u$  adalah tekan,  $P_n$  adalah nominal daya tekan aksial, dan  $\phi = \phi_c = 0,85$ . Faktor resisten untuk *bending*,  $\phi_b = 0,9$ .

Untuk  $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 2$ , *capacity ratio* adalah :

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{u33}}{\phi_b M_{n33}} + \frac{M_{u22}}{\phi_b M_{n22}} \right) \dots\dots\dots (37)$$

Untuk  $\frac{P_u}{\phi P_n} < 2$ , *capacity ratio* adalah :

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left( \frac{M_{u33}}{\phi_b M_{n33}} + \frac{M_{u22}}{\phi_b M_{n22}} \right) \dots\dots\dots (38)$$

### 2.2.17 Shear Stress

Sama dengan tegangan normal, dari nilai gaya geser yang diperhitungkan dan nilai kekuatan geser nominal pada masing-masing station setiap kombinasi beban, *shear capacity ratio* untuk arah major dan minor dihitung sebagai berikut:

$$\frac{V_{u2}}{\phi_v V_{n2}} \text{ dan, ..... (39)}$$

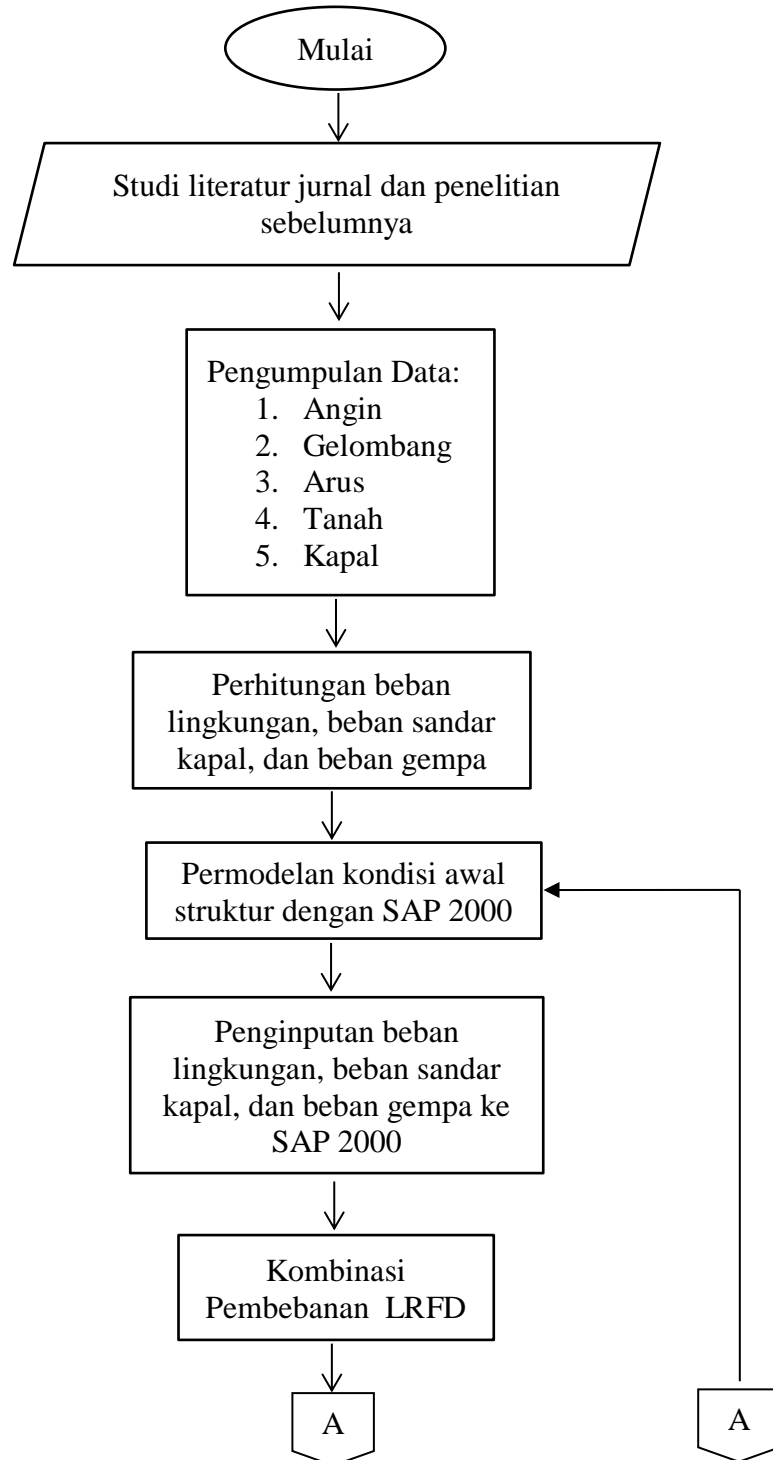
$$\frac{V_{u3}}{\phi_v V_{n3}}, \text{ dimana } \phi_v = 0,9. \text{ ..... (40)}$$

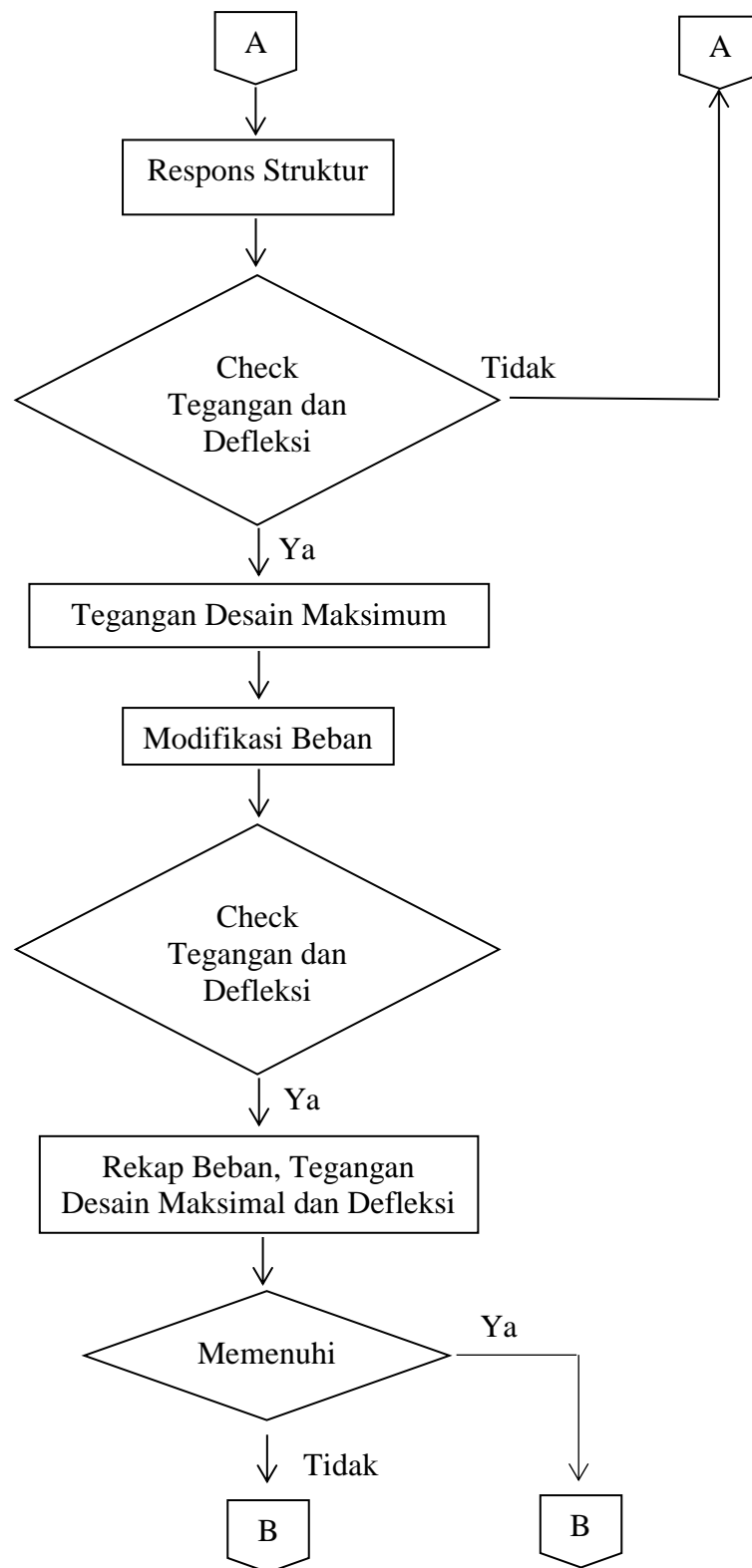
## BAB 3

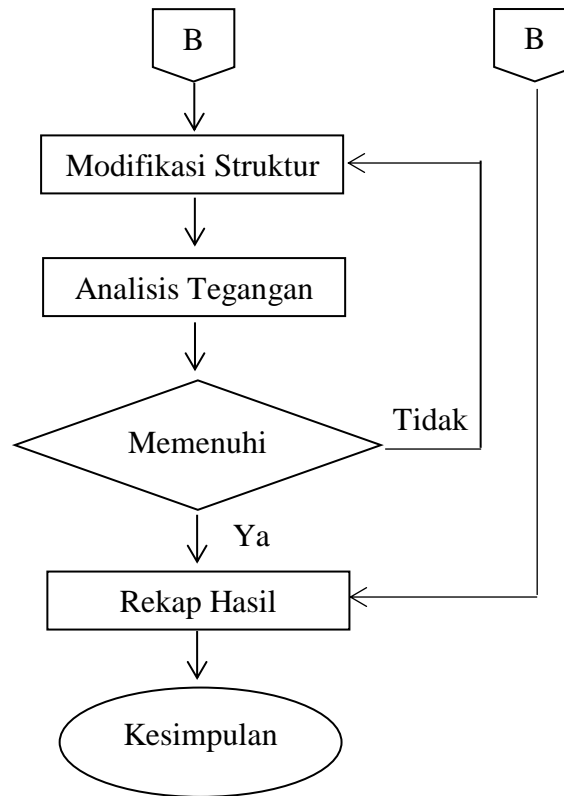
### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Untuk mempermudah evaluasi perkembangan penelitian untuk tugas akhir akan dibuat diagram pengerjaan/metodologi. Secara garis besar pengerjaan tugas akhir ini dapat dijelaskan dalam Gambar 3.1.







**Gambar 3.1** Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

## 3.2 Prosedur Penelitian

### 3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur ini dilakukan dengan cara mencari, mempelajari, dan memahami penelitian sebelumnya, jurnal, buku – buku yang berkaitan dengan desain pelabuhan, desain pondasi dan hidrodinamika pantai.

### 3.2.2 Pengumpulan Data

Data-data yang dipakai dalam penelitian ini meliputi:

#### 3.2.2.1 Data Lingkungan

Data lingkungan atau data oseanografi sangat diperlukan dalam mendesain sebuah bangunan lepas pantai (offshore) maupun bangunan pantai (onshore). Data lingkungan yang diperlukan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini antara lain:

a) Pasang Surut

HHWL : MSL + 0,4 m

HWL : MSL + 0,27 m



LWL : MSL + 0 m

LLWL : MSL - 0,38 m

b) Arus

Kecepatan : 1,0 knot di permukaan air

Arah : sejajar dengan garis pantai

c) Gelombang

Tinggi Gelombang Signifikan : 1,6 m

Periode Gelombang : 5,5 detik

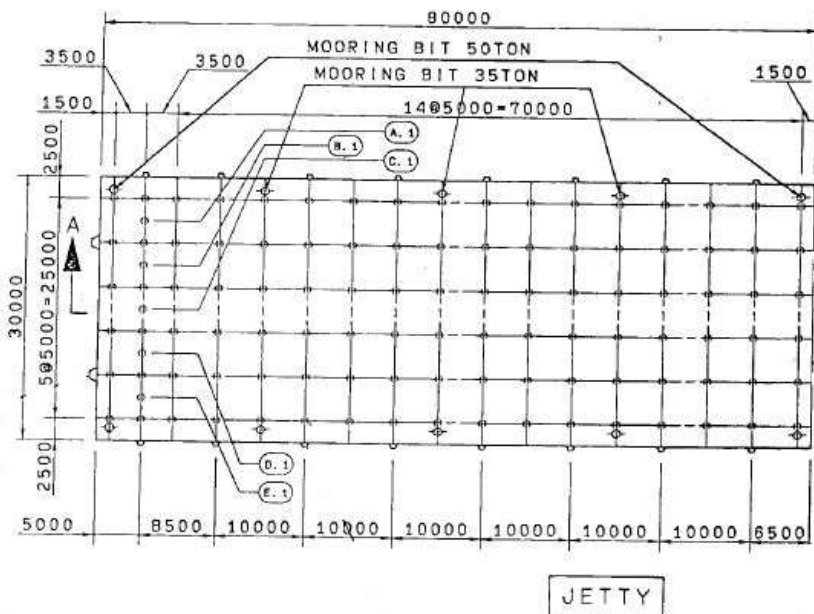
d) Angin

Kecepatan kondisi operasi : 10 m/s

Kecepatan kondisi badai : 35 m/s

### 3.2.2.2 Layout Jetty Propylene

*Layout Jetty Propylene* adalah sebuah gambar bagaimana 2 dimensi tampak jetty propylene PT. Pertamina RU VI. Layout merupakan hal terpenting yang dibutuhkan sebelum melakukan analisis eksisting kondisi *jetty propylene*.



**Gambar 3.2** *Layout Jetty Propylene*

### 3.2.2.3 Material Jetty Propylene

Material yang digunakan dalam struktur jetty propylene Pertamina RU VI Balongan adalah sebagai berikut:

a) Tiang Pancang

Baja ASTM A252,  $F_y = 3100 \text{ kg/cm}^2$ , OD = 0,81 m

b) Beton

K350,  $f_c = 290 \text{ kg/cm}^2$ , tinggi = 1,3 m, lebar = 1,2 m

### 3.2.2.4 Data Kapal

Total ada 8 kapal tanker yang beroperasi di jetty propylene PT. Pertamina RU VI. Kemudian Kapal Tanker tersebut terbagi menjadi 2 jenis tergantung barang (*fluida*) yang dibawa yaitu Tanker *Propylene* dan Tanker LPG. Berikut adalah seluruh data kapal yang beroperasi di *jetty propylene* PT. Pertamina RU VI :

**Tabel 3.1** Data Kapal Tanker *Propylene*

(Sumber : PT. Pertamina RU VI)

Nama Kapal	Length Over All (LOA)	Breadth (B)	Draft (T)	DeadWeight (DWT)
Gas Indonesia	96.80 meter	16 meter	4.50 meter	3607 ton
Gas Maluku	99.97 meter	20 meter	5.10 meter	5761 ton
Gas Aria	106 meter	17.60 meter	4.70 meter	5349 ton
Gas Nuri Arizona	105 meter	19.80 meter	5.00 meter	5590 ton

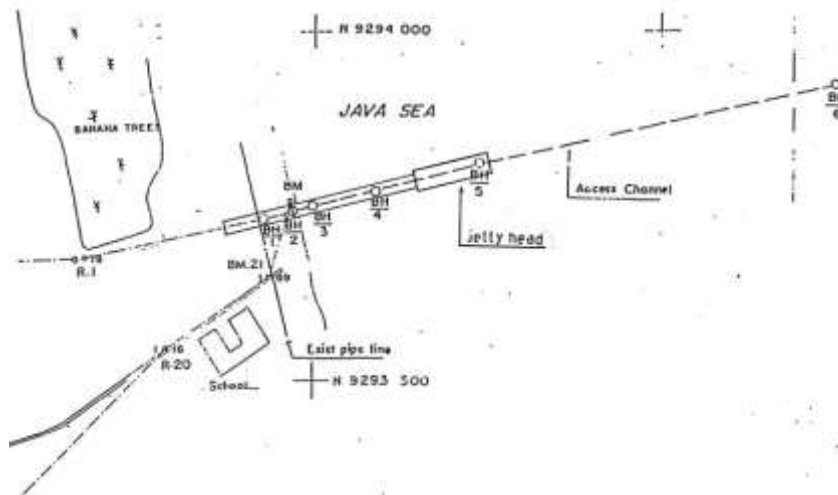
**Tabel 3.2** Data Kapal Tanker LPG

(Sumber : PT. Pertamina RU VI)

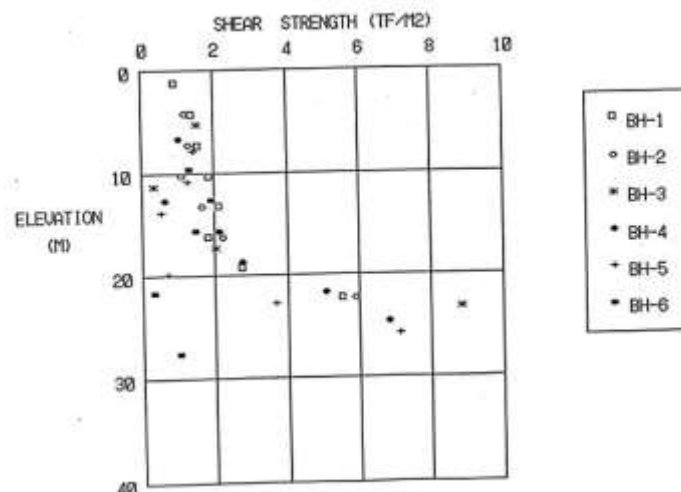
Nama Kapal	Length Over All (LOA)	Breadth (B)	Draft (T)	DeadWeight (DWT)
Arimbi	103 meter	18 meter	4.70 meter	4200 ton
Gas Natuna	97.20 meter	16 meter	4.20 meter	3213 ton
Gas Patra 2	94.99 meter	16.20 meter	4.70 meter	2527 ton
Gas Arar	99 meter	16.50 meter	5.00 meter	2398 ton

### 3.2.2.5 Data Tanah

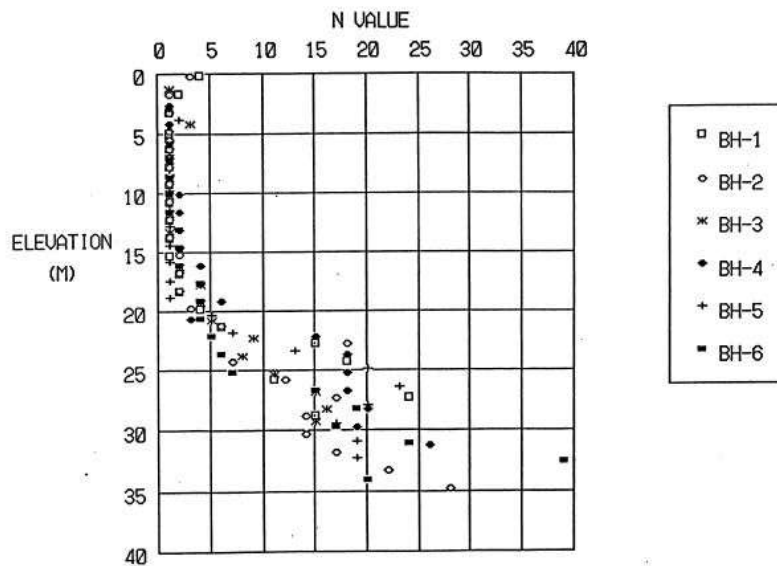
Pengujian tanah untuk keperluan perancangan pondasi dermaga dapat berupa uji tanah di lapangan dan uji tanah di laboratorium, baik itu berupa uji fisik maupun uji mekanik, uji untuk mengetahui angka kekuatan tanah. Uji tanah di lapangan diperlukan untuk mencari data langsung dari lapangan. Uji ini dapat berupa uji lapisan tanah dengan alat bor (soil boring), uji kepadatan maupun kekerasan tanah. Uji Kekerasan tanah dapat berupa uji penetrasi standar (*standard penetration test*), uji sondir/uji penetrasi konus (*cone penetration test*). Titik pengambilan sampel tanah pada tugas akhir ini ditunjukkan pada Gambar 3.3 yang terdapat 6 *boring position*. Sementara hasil dari uji tanah di tunjukkan pada gambar 3.4 untuk *shear strength* dan gambar 3.5 untuk *N value*.



Gambar 3.3 Boring Position



Gambar 3.4 Grafik *Shear Strength* tanah pada setiap *boring position*



**Gambar 3.5** Grafik *N Value* tanah pada setiap *boring position*

### 3.2.3 Pengolahan Data

- a) Dari semua data lingkungan yang diperoleh, terlebih dahulu ditentukan elevasi jetty propylene. Penentuan elevasi dengan memperhatikan kedalaman surut terendah dan pasang tertinggi, ketinggian gelombang maksimumnya, serta syarat batas ketinggian jetty propylene minimum berdasarkan ukuran kapal operasi terkait dengan draft kapal.
- b) Dari data lingkungan juga diperoleh beban lingkungan yang akan diterima oleh jetty propylene. Antara lain adalah beban angin, beban gelombang, beban arus, beban gempa, dan beban akibat energi tumbukan kapal yang bersandar.
- c) Kemudian melakukan permodelan struktur jetty propylene menggunakan *software* SAP 2000.
- d) Pada tahap selanjutnya melakukan kombinasi pembebanan dengan pendekatan LRFD.
- e) Setelah tahap kombinasi pembebanan, dilakukan analisa tahanan maksimal sambil melakukan modifikasi pembebanan yang terjadi pada struktur. Kemudian mencari RSR dengan melakukan *increment* beban.
- f) Tahap terakhir memodifikasi struktur jetty propylene supaya memenuhi tegangan maksimal akibat modifikasi beban.

#### **3.2.4 Kesimpulan**

Menarik kesimpulan dari hasil analisis yang telah dibuat yang selanjutnya dapat memberikan saran untuk penelitian lebih lanjut terkait desain jetty dan masukan bagi PT. Pertamina RU VI Balongan.

## BAB 4

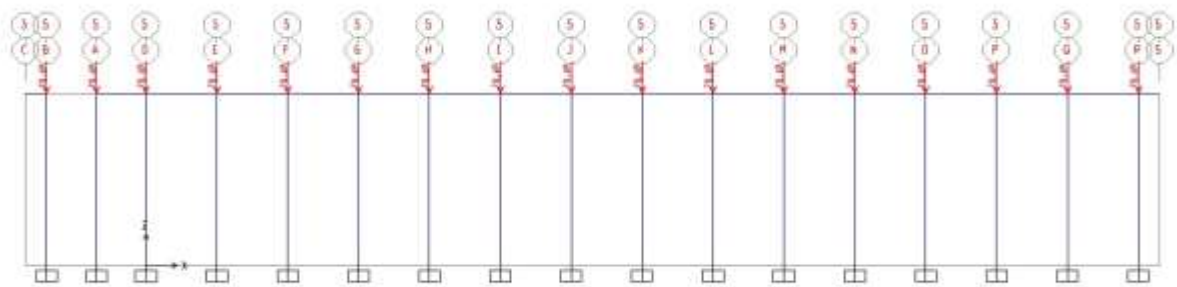
### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Beban Mati

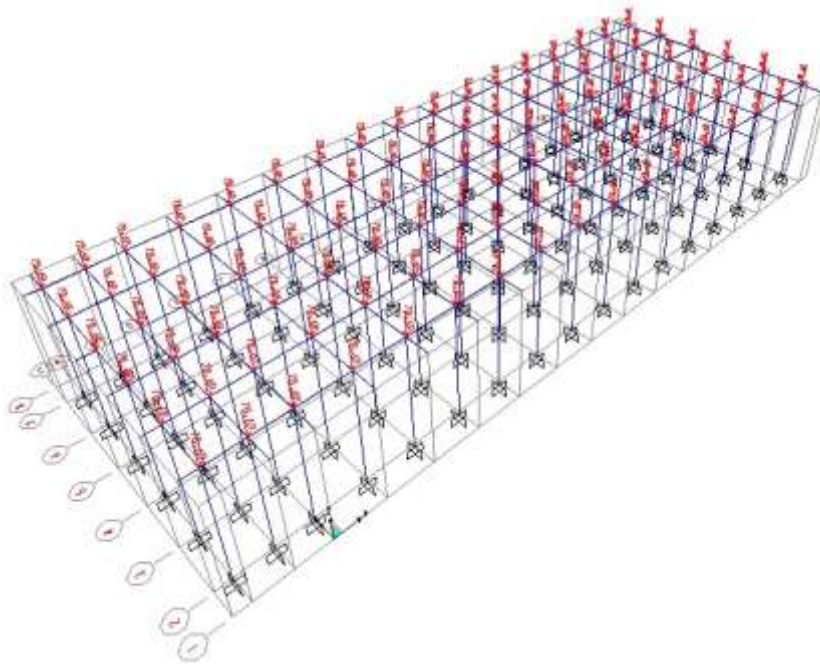
Beban mati adalah berat dari komponen struktur yang secara konstan dan permanen membebani selama waktu hidup konstruksi. Pada tugas akhir ini komponen-komponen itu meliputi berat balok melintang, berat balok memanjang, berat pelat, berat *bitt*, dan berat tiang pancang struktur jetty. Untuk berat tiap-tiap material yaitu beton tipe K350 memiliki berat per satuan volume  $2,4 \text{ tonf/m}^3$ , tiang pancang memiliki berat per satuan volume  $7,8 \text{ tonf/m}^3$  dan *bitt* memiliki berat 50 ton dan 35 ton. Dimensi balok yaitu  $H = 1,3 \text{ m}$  dan  $L = 1,2 \text{ m}$  dan diameter tiang pancang 0,812 m. Sehingga total beban mati *jetty propylene* adalah 16.385 tonf dan 140,9 tonf/titik pada tiap tiang pancang yang ada sejumlah 102 tiang pancang. Pada Tabel 4.1 menunjukkan berat mati dari *jetty propylene* PT. Pertamina RU VI.

**Tabel 4.1** Beban mati *jetty propylene*

Jenis Beban	Berat (tonf)
Balok Melintang	1.909
Balok Memanjang	1.797
Pelat	1.123
<i>Bitt</i>	2009
Tiang Pancang	5728
Total	16.385 tonf
	140,9 tonf/titik



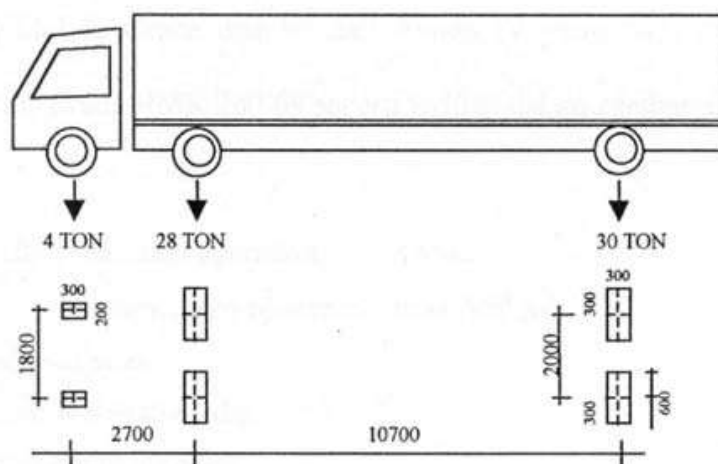
**Gambar 4.1** Pemodelan tampak samping beban mati pada SAP 2000



**Gambar 4.2** Pemodelan tampak 3D beban mati pada SAP 2000

#### 4.2 Beban Hidup

Beban hidup yang diterima oleh *jetty propylene* adalah beban truk. Beban truk dengan konfigurasi beban pada roda truk *container* dapat dilihat pada Gambar 4.3. Beban truk pada *running* SAP 2000 dianggap sebagai beban berjalan atau *bridge load*. Saat analisis eksisting *jetty* beban truk tidak digunakan, tetapi digunakan pada saat memodifikasi beban.



**Gambar 4.3** Konfigurasi roda dan beban roda truk *container*

### 4.3 Perhitungan Beban Gelombang

Dalam Tabel 4.2 berikut adalah parameter utama yang diperoleh dari PT. Pertamina RU VI, parameter ini digunakan dalam menentukan gaya gelombang yang membebani tiang pancang.

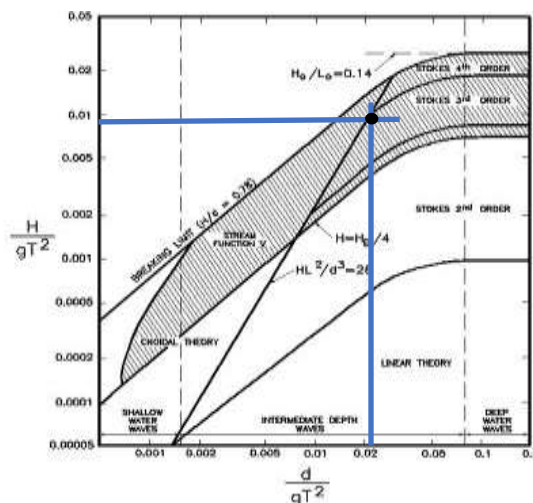
**Tabel 4.2** Parameter gelombang

Tinggi Gelombang Maksimal	=	2,79	m
Periode Gelombang	=	5,5	s
Frekuensi Gelombang	=	1,14	Hz
Kedalaman Perairan	=	6,27	m
Percepatan Gravitasi	=	9,81	m/s <sup>2</sup>
Angka Gelombang	=	0,125	
Panjang Gelombang	=	50	m
Koefisien Drag	=	1	
Koefisien Inersia	=	2	

Dari parameter tersebut selanjutnya akan ditentukan teori gelombang dengan menggunakan grafik *Region of Validity of Wave Theories* (SPM, 1984). Dengan menggunakan parameter diatas, maka didapatkan nilai masukan untuk grafiknya sebagai berikut:

$$H/gT^2 = 0.0094$$

$$d/gT^2 = 0.0211$$



**Gambar 4.4** Grafik *Region of Validity of Wave Theories*

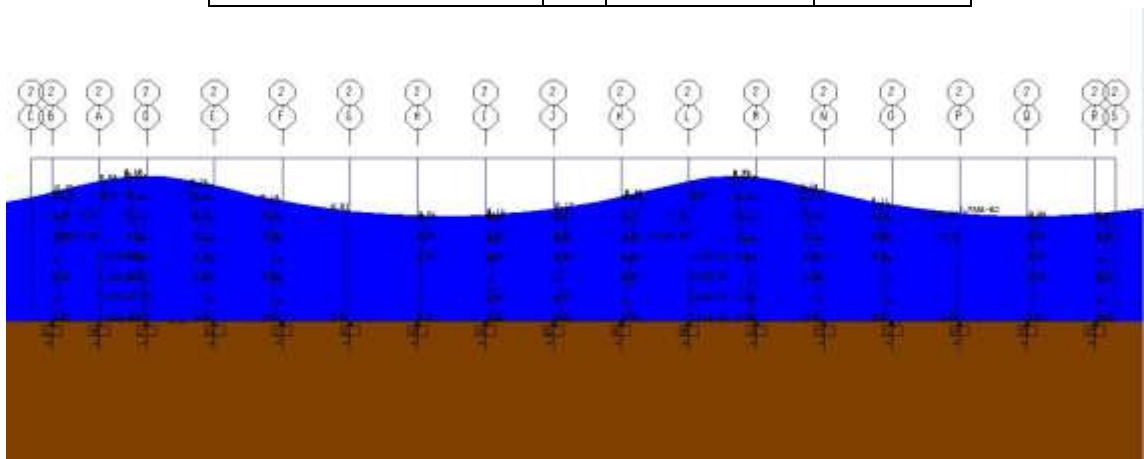


Dari grafik diatas, perpotongan antara  $H/gT^2$  dan  $d/gT^2$  dapat diketahui teori yang digunakan adalah stokes orde 3. Karena pada *software* SAP 2000 yang digunakan pada tugas akhir ini tidak terdapat stoke orde 3 dalam perhitungan beban gelombang, maka diturunkan menggunakan stoke orde 5.

Gaya gelombang total diperoleh dengan persamaan Morison ( $F = F_i + F_d$ ) dan gaya tarik  $F_d$  tergantung pada kecepatan partikel gelombang dan gaya inersia  $F_i$  bergantung pada percepatan partikel gelombang. Pada Tabel 4.3 adalah hasil perhitungan untuk gaya gelombang.

**Tabel 4.3** Hasil perhitungan gaya gelombang

OD	=	0,812	m
U (kecepatan)	=	0,515	m/s
a (percepatan)	=	4,72	m/s <sup>2</sup>
$F_D$	=	0,1085	Tonf
$F_i$	=	0,6166	Tonf
F Total	=	0,725	Tonf/pile
	=	77,592	Tonf/jetty



**Gambar 4.5** Pemodelan tampak samping beban gelombang pada SAP 2000

#### 4.4 Perhitungan Beban Arus

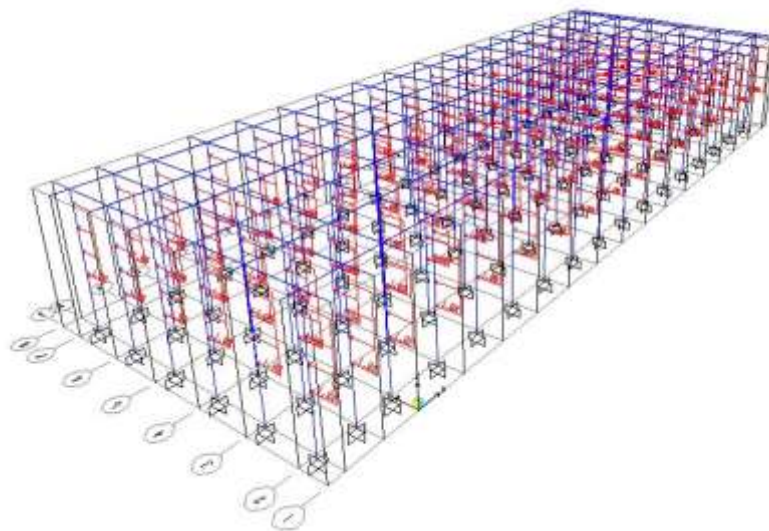
Dari data arus yang diperoleh kecepatan arus maksimal pada permukaan yaitu 1 knot/ 0,514 m/s. Gaya *drag* hanya bekerja pada bagian jetty head dengan ukuran 0,812 m sejumlah 102 *pile*, sedangkan pada bagian *trestle* tidak terjadi karena telah

mengalami reduksi gaya. Jika kecepatan arus dianggap konstan dan nilai koefisien *drag* dari bentuk tiang pancang silinder 1, maka perhitungan gaya *drag* arus terhadap tiang pancang dermaga adalah sebagai berikut :

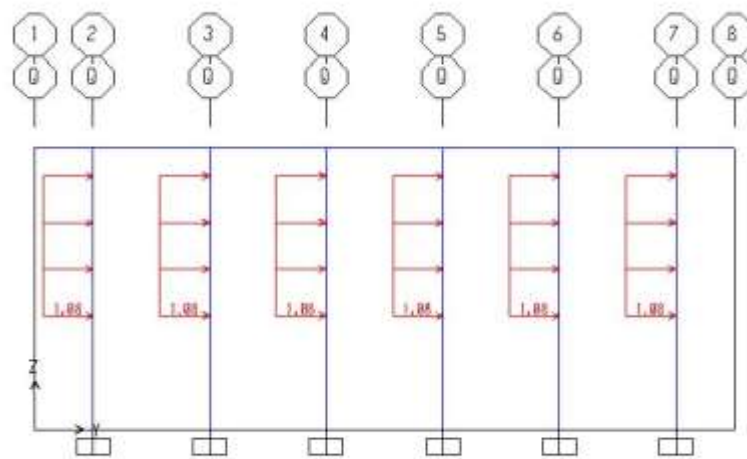
$$F_{Drag} = \frac{1}{2} C_D \gamma_{sea} A U^2$$

**Tabel 4.4** Perhitungan beban arus terhadap tiang pancang *jetty*

OD	Gaya Arus per <i>Pile</i> (tonf)	Gaya Arus per <i>Jetty</i> (tonf)
0,812 m	1,084	115,95



**Gambar 4.6** Pemodelan tampak 3D beban arus pada SAP 2000



**Gambar 4.7** Pemodelan tampak samping beban arus pada SAP 2000

#### 4.5 Perhitungan Beban Angin

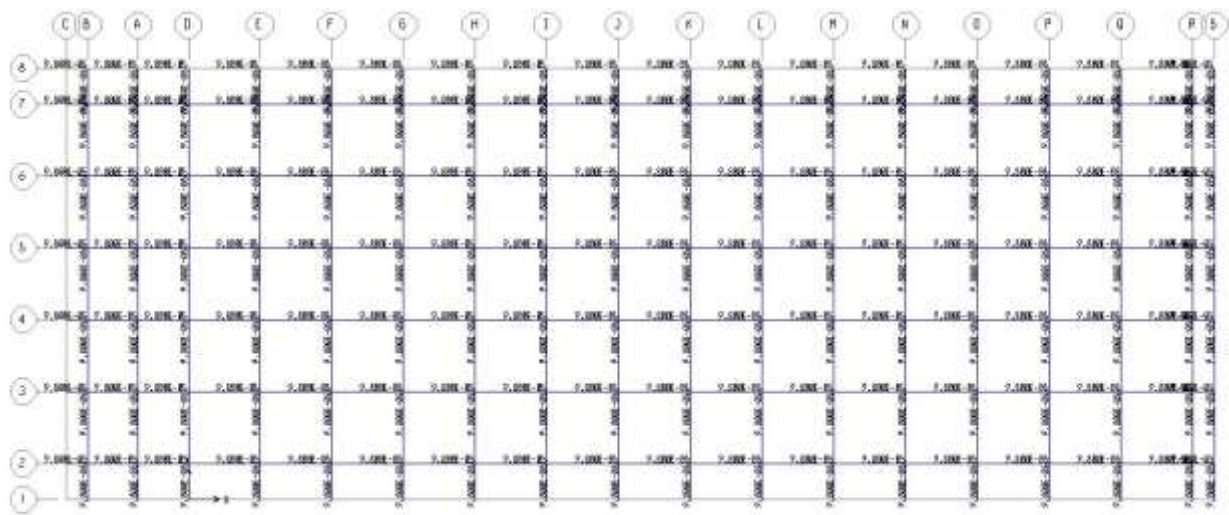
Beban angin pada pemodelan struktur diaplikasikan pada sepanjang struktur atas *jetty* dan *pile* pada arah memanjang maupun arah melintang dalam kondisi operasional. Dari data kecepatan angin yaitu 10 m/s sehingga didapatkan nilai  $q$  sebesar 61,3 N. Kemudian koefisien drag struktur didapatkan dari Tabel 2.3 diperoleh nilai 1,2 untuk struktur atas *jetty* dan 1 untuk koefisien tiang pancang. Pada Tabel 4.5 adalah perhitungan beban angin yang diaplikasikan pada model adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.5** Perhitungan beban angin pada *jetty*

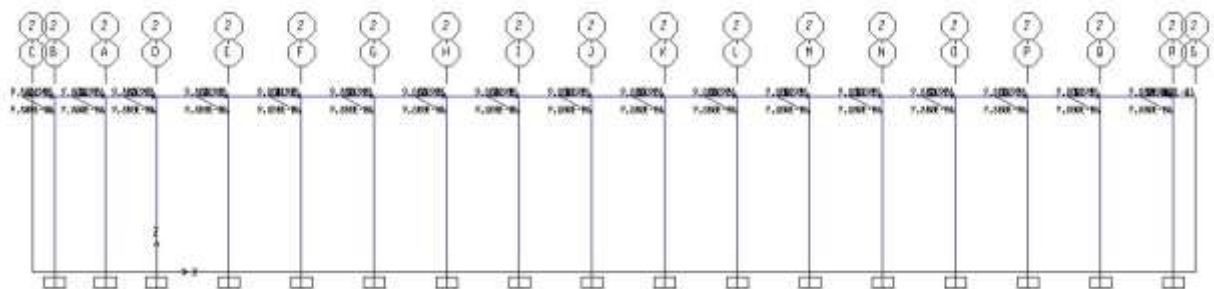
Terjadi pada struktur atas arah x			Terjadi pada struktur atas arah y		
V	=	10 m/s	V	=	10 m/s
q	=	61,3 N/m <sup>2</sup>	q	=	61,3 N/m <sup>2</sup>
C <sub>D</sub>	=	1,2	C <sub>D</sub>	=	1,2
A	=	39 m <sup>2</sup>	A	=	104 m <sup>2</sup>
Fv	=	0,298 tonf	Fv	=	0,795 tonf

Terjadi pada pile arah x			Terjadi pada pile arah y		
V	=	10 m/s	V	=	10 m/s
Q	=	61,3 N/m <sup>2</sup>	q	=	61,3 N/m <sup>2</sup>
C <sub>D</sub>	=	1	C <sub>D</sub>	=	1
OD	=	0,812 m	OD	=	0,812 m
A	=	0,1529 m <sup>2</sup>	A	=	0,1529 m <sup>2</sup>
V	=	0,000098 tonf/ <i>pile</i>	Fv	=	0,000098 tonf/ <i>pile</i>

Dari hasil perhitungan didapatkan gaya angin yang bekerja pada struktur arah x sebesar 0,298 tonf dengan luas permukaan sebesar 39 m<sup>2</sup> dan untuk gaya angin yang bekerja pada struktur arah y sebesar 0,795 tonf dengan luas permukaan sebesar 104 m<sup>2</sup>. Sedangkan untuk gaya angin pada tiang pancang memiliki hasil yang sama sebesar 0,000098 tonf/*pile* dengan luas permukaan 0,1529 m<sup>2</sup>. Pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 ditunjukkan pemodelan pada SAP 2000.



**Gambar 4.8** Pemodelan tampak atas beban angin pada SAP 2000



**Gambar 4.9** Pemodelan tampak samping beban angin pada SAP 2000

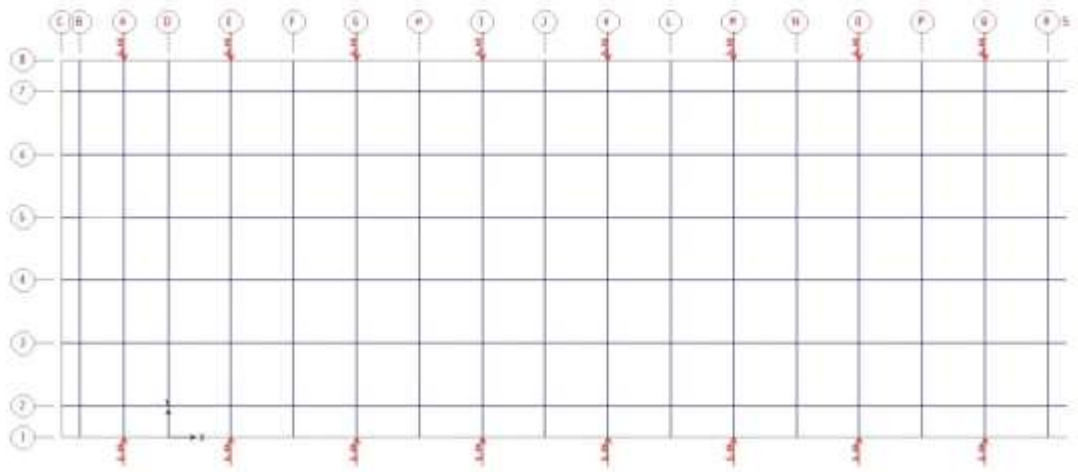
#### 4.6 Perhitungan Beban Sandar Kapal

Pada *berthing energy* ( $E_d$ ), besar energi yang akan diserap oleh *fender* dipengaruhi langsung oleh *displacement* kapal dan kecepatannya, dikarenakan dalam perhitungannya menggunakan pendekatan energi kinetik serta koefisien-koefisien antara lain : *added mass coefficient* ( $C_m$ ) , *eccentricity coefficient* ( $C_e$ ) , *berth configuration coefficient* ( $C_c$ ) , dan *softness coefficient* ( $C_s$ ). Pada penelitian Tugas Akhir data kapal yang dipakai adalah kapal Gas Maluku yang mempunyai dimensi terbesar dan dari data juga diketahui kecepatan merapat kapal ( $v$ ) sebesar 0,15 m/s.

**Tabel 4.6** Hasil perhitungan *berthing energy* Kapal Gas Maluku

Kapal Gas Maluku	
Cb	0,9393
Cm	1,3679
Ce	0,4754
Cc	1
Cs	0,9
Displacement	8105 Ton
V	0,15 m/s
g	9,8 m/s
<i>Berthing Energy</i> (Ed)	6,16 Ton.m

Pada jetty propylene PT. Pertamina RU VI menggunakan fender size V-600 H tipe bridgestone DA-A600H dengan defleksi 52,5 %. Dari Tabel 4.6 diketahui *berthing energy* kapal gas maluku sebesar 6,16 ton.m. Maka dapat dihitung bahwa gaya reaksi yang bekerja pada fender sebesar 24,04 ton didapat dari katalog fender bridgestone dyna arch fender: type A.



**Gambar 4.10** Pemodelan tampak atas beban angin pada SAP 2000

#### 4.7 Perhitungan Gaya *Mooring* Akibat Gaya Angin pada Kapal

Gaya *mooring* akibat gaya angin pada kapal dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu koefisien tekanan angin (C), kecepatan angin (V), luas permukaan bagian depan kapal (A) dan luas permukaan bagian samping kapal (B) yang terkena angin. Koefisien tekanan angin diketahui bernilai 1,2 dan kecepatan angin yang berhembus bernilai 10 m/s. Kapal Gas Maluku dengan 5761 DWT pada saat muatan kosong memiliki nilai  $A = 240 \text{ m}^2$  dan  $B = 937 \text{ m}^2$ . Sedangkan pada saat muatan penuh memiliki nilai  $A = 204 \text{ m}^2$  dan  $B = 499 \text{ m}^2$ . Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 menunjukkan nilai gaya *mooring* (R) pada saat muatan kosong dan muatan penuh.

**Tabel 4.7** Gaya *mooring* pada saat muatan kosong

Koefisien	Kecepatan Angin (m/s)	A (m <sup>2</sup> )	B (m <sup>2</sup> )	R (tonf)
1,2	10	240	937	1,74

**Tabel 4.8** Gaya *mooring* pada saat muatan penuh

Koefisien	Kecepatan Angin (m/s)	A (m <sup>2</sup> )	B (m <sup>2</sup> )	R (tonf)
1,2	10	204	499	1,04

#### 4.8 Perhitungan Gaya *Mooring* Akibat Gaya Arus pada Kapal

Gaya *mooring* akibat gaya arus pada kapal dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu koefisien tekanan fluida (C), kecepatan arus (V), dan luas permukaan bagian bawah kapal (B). Koefisien tekanan fluida diketahui bernilai 4,63 dan kecepatan arus bernilai 1 knot/ 0,514 m/s. Kapal Gas Maluku dengan 5761 DWT pada saat muatan kosong memiliki nilai  $B = 228 \text{ m}^2$ . Sedangkan pada saat muatan penuh memiliki nilai  $B = 490 \text{ m}^2$ . Tabel 4.9 dan Tabel 4.10 menunjukkan nilai gaya *mooring* (R) pada saat muatan kosong dan muatan penuh.

**Tabel 4.9** Gaya *mooring* pada saat muatan kosong

Koefisien	Kecepatan Arus (m/s)	B (m <sup>2</sup> )	R (tonf)
4,63	0,514	228	14,51

**Tabel 4.10** Gaya *mooring* pada saat muatan penuh

Koeffisien	Kecepatan Arus (m/s)	B (m <sup>2</sup> )	R (tonf)
4,63	0,514	490	31,19

Dari Tabel 4.7, Tabel 4.8, Tabel 4.9, dan Tabel 4.10 diatas dapat disimpulkan bahwa gaya *mooring* akibat gaya angin dan arus pada kapal saat muatan penuh lebih besar daripada pada saat muatan kosong. Sehingga gaya *mooring* total yang digunakan pada analisis struktur *jetty propylene* yaitu 32,94 tonf.

#### 4.9 Perhitungan Gaya *Mooring* pada *Bitt*

Gaya *mooring* akibat tarikan kapal dapat dihitung menggunakan Tabel 2.7. Untuk kapal Gas Maluku dengan 5761 DWT memiliki gaya *mooring* sebesar 35 ton. Pada *jetty propylene* PT. Pertamina RU VI memiliki 5 buah *bitt* pada setiap sisinya dengan 3 *bitt* memiliki sudut 90° terhadap kapal dan 2 *bitt* memiliki sudut 15° terhadap kapal. Pada Tabel 4.11 menampilkan gaya *mooring* pada *bitt* sudut 90° dan Tabel 4.12 menampilkan gaya *mooring* pada *bitt* sudut 15°.

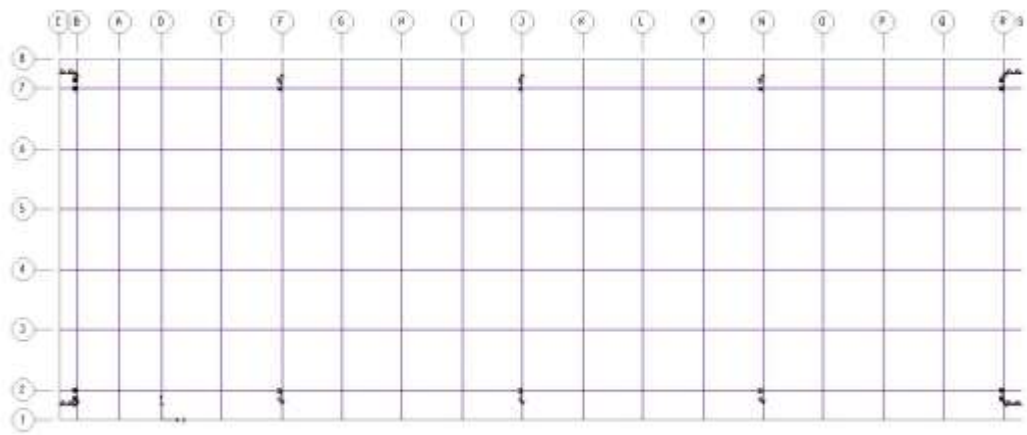
**Tabel 4.11** Gaya *mooring* pada *Bitt* sudut 90°

Gaya pada <i>Bitt</i> (ton)	Jumlah <i>Bitt</i>	Total Gaya (ton)
35	3	105

**Tabel 4.12** Gaya *mooring* pada *Bitt* sudut 15°

Proyeksi Gaya <i>Mooring</i>	Besar Gaya	Jumlah <i>Bitt</i>	Total Gaya (ton)
Proyeksi Gaya Arah X	33,81	2	67,62
Proyeksi Gaya Arah Y	9,06	2	19,02

Pada Tabel 4.12 juga disajikan perhitungan untuk gaya *mooring* pada *bitt* sudut 15°. Pada proyeksi arah X dihasilkan gaya sebesar 33,81 ton dan pada proyeksi arah Y dihasilkan gaya sebesar 9,06 ton. Pada Gambar 4.11 adalah permodelan dari keseluruhan gaya pada kondisi *mooring* yaitu gaya *mooring* pada *bitt*, gaya *mooring* akibat gaya pada arus kapal dan gaya *mooring* akibat gaya angin pada kapal.



**Gambar 4.11** Pemodelan tampak atas gaya *mooring* total pada SAP 2000

#### 4.10 Beban Gempa

Berdasarkan peta persebaran gempanya dan dengan tanah dasar yang tergolong sedang (karena memiliki N-SPT antara 15-50), wilayah Indramayu memiliki nilai respons percepatan spektral gempa dalam periode 1 detik ( $S_1$ ) sebesar 0,3 dan nilai respons percepatan spektral gempa dalam periode pendek ( $S_s$ ) sebesar 0,75. Nilai tersebut, dengan keadaan tanah yang tergolong sedang dengan nilai SPT antara 15-50, maka berdasarkan tabel 2.5 koefisien situsnya adalah sebesar 1,8 untuk  $F_v$  dan 1,2 untuk  $F_a$ . Berdasarkan nilai tersebut maka didapatkan parameter lain sebagai berikut:

Parameter respon percepatan spektral desain untuk periode 1 detik ( $S_{D1}$ ) dan pada periode pendek ( $S_{DS}$ ).

$$\begin{aligned} S_{D1} &= 2/3 (F_v \times S_1) \\ &= 2/3 \times 1,8 \times 0,3 = 0,36 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{DS} &= 2/3 (F_a \times S_s) \\ &= 2/3 \times 1,2 \times 0,75 = 0,60 \end{aligned}$$

- Periode natural ( $T_0$ )

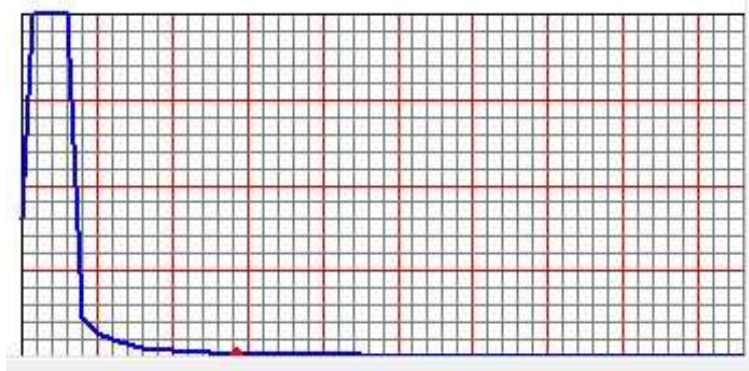
$$(T_0) = 0,2 (S_{D1}/S_{DS}) = 0,2 (0,36/0,60) = 0,12 \text{ s}$$

- Nilai respon gempa (CS).

$$\begin{aligned} CS &= S_{D1} / ((R / I)) \\ &= 0,36 / ((5/1)) \\ &= 0,07 \end{aligned}$$



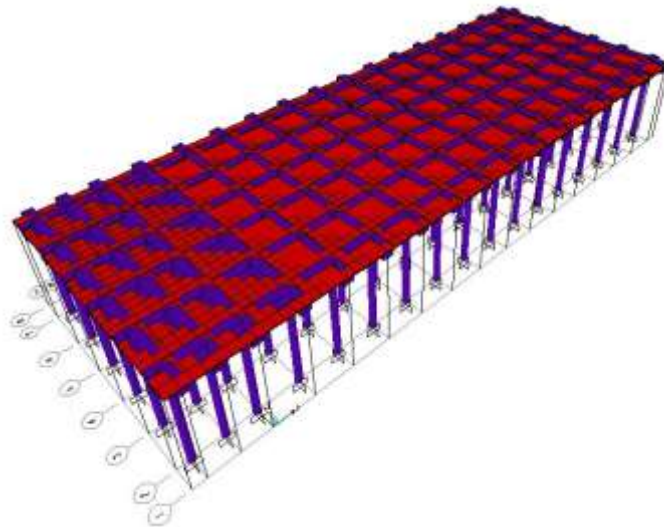
Dari hasil penginputan nilai  $S_{D1}$ ,  $S_{DS}$ , periode natural, dan jenis tanah pada wilayah balongan yang termasuk tanah sedang pada SAP 2000, maka akan didapatkan grafik respon spektrum gempa seperti pada Gambar 4.12.



**Gambar 4.12** Respon spektrum gempa SAP 2000  
di wilayah Balongan, Indramayu

#### 4.11 Analisis Struktur *Jetty Propylene*

Untuk memperoleh besaran gaya-gaya dalam pada masing-masing komponen struktur pelat, balok, dan tiang pancang maupun reaksi-reaksi tumpuan (joint reaction) struktur *jetty* maka analisa dilakukan dengan menggunakan kaidah metode elemen hingga yang terdapat dalam program analisa struktur SAP 2000. Pemodelan struktur konstruksi *jetty propylene* adalah sebagai berikut:



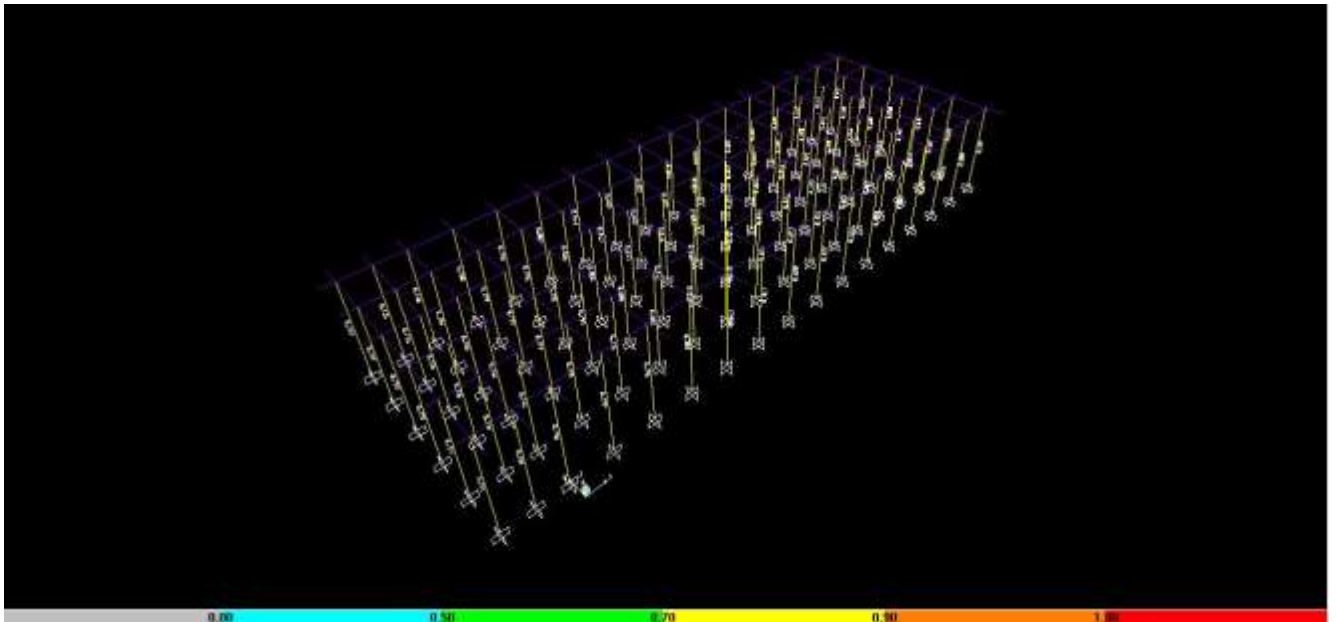
**Gambar 4.13** Pemodelan *undeformed shape* struktur *jetty propylene*  
pada SAP 2000

#### 4.12 Hasil Analisis Struktur *Jetty Propylene Eksisting*

Analisis struktur *jetty* eksisting dilakukan untuk mengetahui apakah saat ini struktur masih dalam kondisi yang baik atau tidak. Struktur bagian atas *jetty* seperti balok dan pelat masih dianggap kuat karena pada tugas akhir ini hanya menganalisis dari kekuatan tiang pancang *jetty*. Ada dua parameter yang digunakan untuk mengetahui kekuatan dari tiang pancang tersebut, yaitu *capacity ratio* dan defleksi.

##### 4.12.1 *Capacity Ratio*

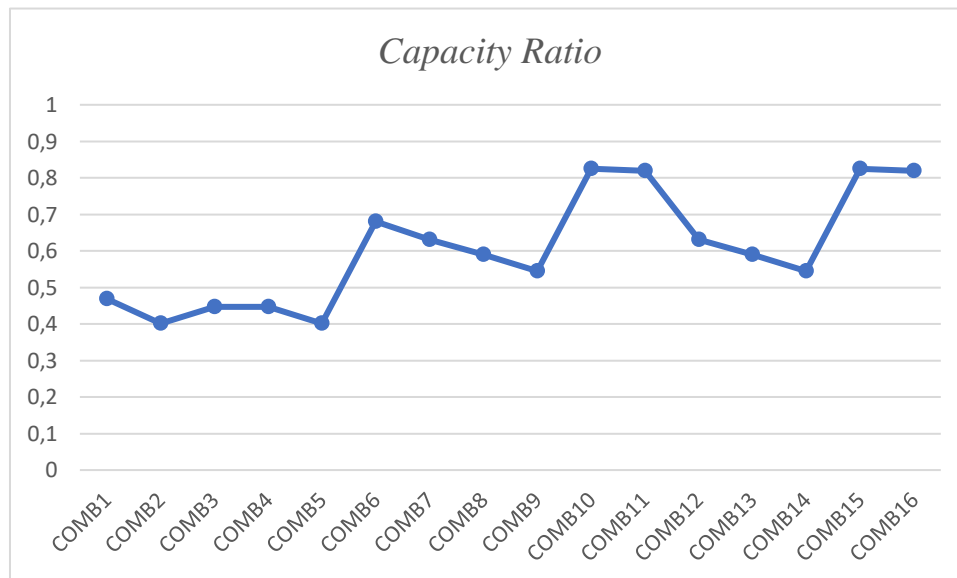
*Capacity ratio* adalah nilai perbandingan antara gaya dalam ultimate (hasil beban kombinasi maksimum yang membebani bangunan) dengan kuat ijin masing-masing profilnya. Bila *capacity ratio* kurang dari 1 maka elemen struktur masih dalam kondisi aman, tetapi jika lebih besar dari 1 maka elemen tersebut dalam kondisi tidak aman. Gambar 4.14 dan Tabel 4.13 menunjukkan hasil *capacity ratio* dari beberapa kombinasi pembebanan tiang pancang *jetty*. Didapat nilai *capacity ratio* terbesar yaitu 0,824, maka struktur masih dalam kondisi aman.



**Gambar 4.14** Nilai *capacity ratio* kondisi eksisting

**Tabel 4.13** *Steel design pile*

<i>DesignSect</i>	<i>DesignType</i>	<i>Combo</i>	<i>Ratio</i>
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Unitless</i>
PILE	Column	COMB1	0,468032
PILE	Column	COMB2	0,40117
PILE	Column	COMB3	0,446233
PILE	Column	COMB4	0,446598
PILE	Column	COMB5	0,40117
PILE	Column	COMB6	0,680954
PILE	Column	COMB7	0,631329
PILE	Column	COMB8	0,590099
PILE	Column	COMB9	0,545014
PILE	Column	COMB10	0,824568
PILE	Column	COMB11	0,819631
PILE	Column	COMB12	0,631254
PILE	Column	COMB13	0,58998
PILE	Column	COMB14	0,544969
PILE	Column	COMB15	<b>0,824756</b>
PILE	Column	COMB16	0,819585



**Gambar 4.15** *Capacity ratio pile*

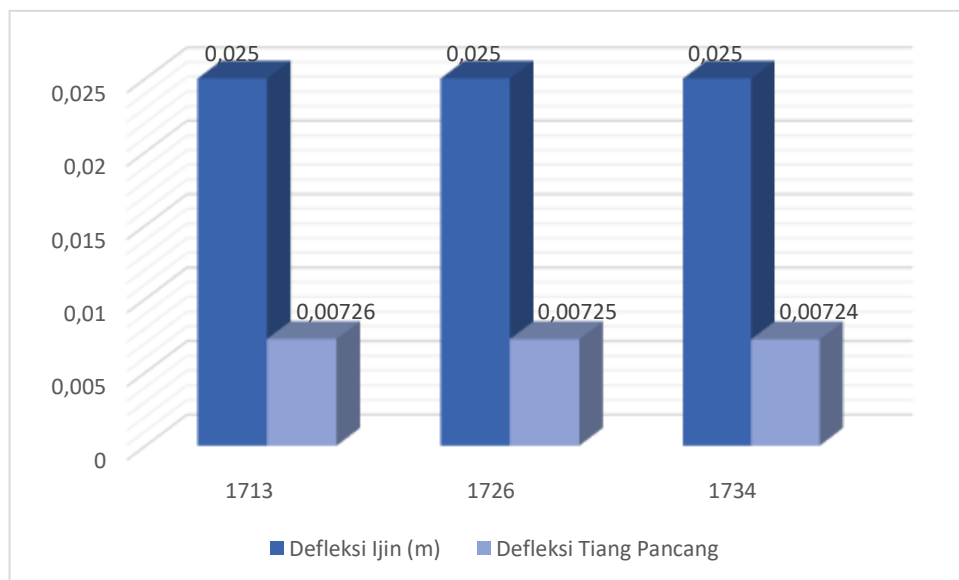
#### 4.12.2 Kontrol Defleksi

Karena nilai tegangan maupun lendutan yang terjadi maksimum adalah pada kombinasi ke 15 maka dalam running SAP 2000 digunakan kombinasi ke 15.

Berdasarkan peraturan SNI 03-2847-2002 TABEL 9, besar defleksi/lendutan yang diijinkan untuk struktur ini adalah  $1/480$  dari panjang bentangan yang ditinjau. Maka nilai batas lendutan yang diijinkan pada tiang pancang adalah 0,025 m. Pada tabel 4.14 dapat diketahui nilai lendutan terbesar yang terjadi pada tiang pancang *jetty propylene*.

**Tabel 4.14** Nilai defleksi saat analisis eksisting

<i>Joint Text</i>	Defleksi ijin (m)	Defleksi (m)	Keterangan
1713	0,025	0,00726	aman
1726	0,025	0,00725	aman
1734	0,025	0,00724	aman



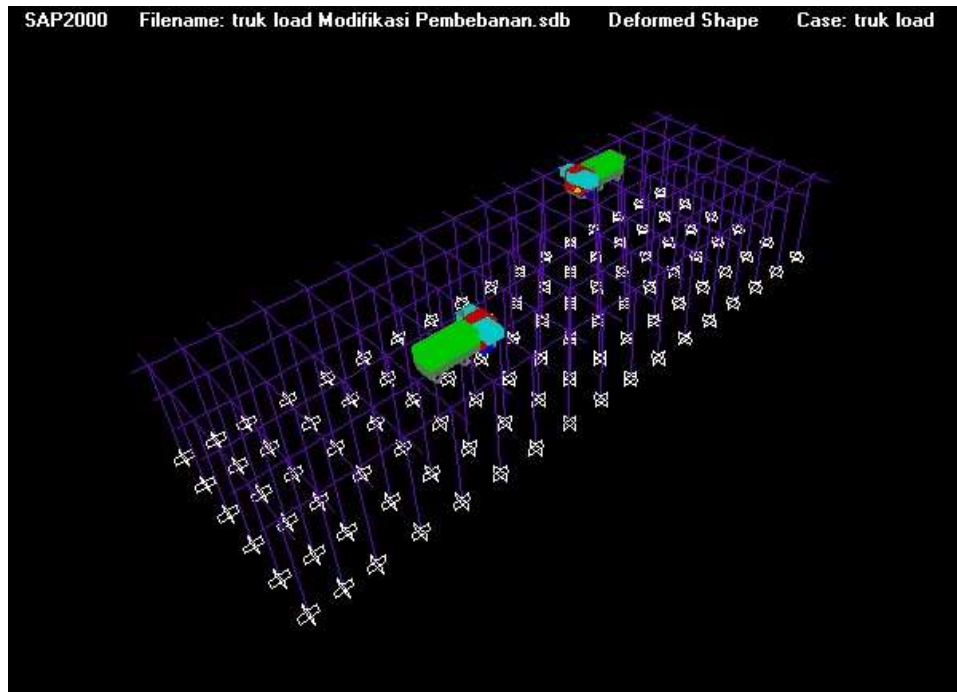
**Gambar 4.16** Nilai defleksi saat analisis eksisting

#### 4.13 Modifikasi Beban

Analisis struktur *jetty* eksisting telah dilakukan dan hasilnya masih pada kondisi yang aman yaitu *capacity ratio* maksimul 0,664 dan defleksi tidak lebih dari 0,025. Dalam tugas akhir ini, kemudian dilakukan modifikasi beban untuk mengetahui seberapa kuat struktur *jetty propylene* yang juga ingin diketahui oleh pihak PT Pertamina RU VI. Modifikasi beban yang dilakukan adalah memasukkan beban truk dan memperbesar ukuran dan berat kapal yang bersandar pada *jetty propylene*.

#### 4.13.1 Input Beban Truk

Beban truk termasuk beban cukup besar yang diberikan pada sebuah bangunan jembatan ataupun dermaga. Jenis truk yang digunakan dalam analisis pada SAP 2000 yaitu HS<sub>n</sub>-44 yang konfigurasi pembebanannya dapat dilihat di Gambar 4.3. Sedangkan pada Gambar 4.15 adalah pemodelan beban truk pada SAP 2000.



**Gambar 4.17** Beban truk pada SAP 2000

#### 4.13.2 Modifikasi Beban Sandar Kapal

Pada *berthing energy* ( $E_d$ ), besar energi yang akan diserap oleh *fender* dipengaruhi langsung oleh *displacement* kapal dan kecepatannya, dikarenakan dalam perhitungannya menggunakan pendekatan energi kinetik serta koefisien-koefisien antara lain : *added mass coefficient* ( $C_m$ ) , *eccentricity coefficient* ( $C_e$ ) , *berth configuration coefficient* ( $C_c$ ) , dan *softness coefficient* ( $C_s$ ). Pada modifikasi beban sandar kapal ini data kapal yang dipakai adalah kapal Karmila yang mempunyai dimensi terbesar dan dari data juga diketahui kecepatan merapat kapal ( $v$ ) sebesar 0,15 m/s. Tabel menunjukkan Hasil perhitungan *berthing energy* kapal Karmila.

**Tabel 4.15** Hasil perhitungan *berthing energy* Kapal Karmila

Kapal Karmila	
Cb	0,934
Cm	1,44
Ce	0,5
Cc	1
Cs	0,9
Displacement	9070 Ton
V	0,15 m/s
G	9,8 m/s
<i>Berthing Energy</i> (Ed)	6,79 Ton.m

Pada jetty propylene PT. Pertamina RU VI menggunakan fender size V-600 H tipe bridgestone DA-A600H dengan defleksi 52,5 %. Dari Tabel 4.15 diketahui *berthing energy* kapal karmila sebesar 5,44 ton.m. Maka dapat dihitung bahwa gaya reaksi yang bekerja pada fender sebesar 26,48 ton didapat dari katalog fender bridgestone dyna arch fender: type A.

#### **4.13.3 Gaya Mooring Akibat Gaya Angin pada Kapal Modifikasi**

Gaya *mooring* akibat gaya angin pada kapal modifikasi juga harus dihitung karena memberi gaya yang cukup besar. Koefisien tekanan angin diketahui bernilai 1,2 dan kecepatan angin yang berhembus bernilai 10 m/s. Kapal Gas Karmila dengan 6500 DWT pada saat muatan kosong memiliki nilai  $A = 257 \text{ m}^2$  dan  $B = 1023 \text{ m}^2$ . Sedangkan pada saat muatan penuh memiliki nilai  $A = 224 \text{ m}^2$  dan  $B = 544 \text{ m}^2$ . Tabel 4.16 dan Tabel 4.17 menunjukkan nilai gaya *mooring* (R) pada saat muatan kosong dan muatan penuh.

**Tabel 4.16** Gaya *mooring* pada saat muatan kosong

Koefisien	Kecepatan Angin (m/s)	A ( $\text{m}^2$ )	B ( $\text{m}^2$ )	R (tonf)
1,2	10	257	1023	1,9

**Tabel 4.17** Gaya *mooring* pada saat muatan penuh

Koeffisien	Kecepatan Angin (m/s)	A (m <sup>2</sup> )	B (m <sup>2</sup> )	R (tonf)
1,2	10	224	544	1,1

#### 4.13.4 Gaya *Mooring* Akibat Gaya Arus pada Kapal Modifikasi

Gaya *mooring* akibat gaya arus pada kapal modifikasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu koeffisien tekanan fluida (C), kecepatan arus (V), dan luas permukaan bagian bawah kapal (B). Koeffisien tekanan fluida diketahui bernilai 4,63 dan kecepatan arus bernilai 1 knot/ 0,514 m/s. Kapal Karmila dengan 6500 DWT pada saat muatan kosong memiliki nilai B = 248 m<sup>2</sup>. Sedangkan pada saat muatan penuh memiliki nilai B = 532 m<sup>2</sup>. Tabel 4.18 dan Tabel 4.19 menunjukkan nilai gaya *mooring* (R) pada saat muatan kosong dan muatan penuh.

**Tabel 4.18** Gaya *Mooring* pada saat muatan kosong

Koeffisien	Kecepatan Arus (m/s)	B (m <sup>2</sup> )	R (tonf)
4,63	0,514	228	15,7

**Tabel 4.19** Gaya *Mooring* pada saat muatan penuh

Koeffisien	Kecepatan Arus (m/s)	B (m <sup>2</sup> )	R (tonf)
4,63	0,514	532	33,86

Dari Tabel 4.16, Tabel 4.17, Tabel 4.18, dan Tabel 4.19 diatas dapat disimpulkan bahwa gaya *mooring* akibat gaya angin dan arus pada kapal saat muatan penuh lebih besar daripada pada saat muatan kosong. Sehingga gaya *mooring* total yang digunakan pada analisis struktur *jetty propylene* yaitu 34,96 tonf.

#### 4.13.5 Gaya *Mooring* pada Bitt Modifikasi

Gaya *mooring* akibat tarikan kapal modifikasi dapat dihitung menggunakan Tabel 2.7. Untuk kapal Karmila dengan 6500 DWT memiliki gaya *mooring* sebesar 50 ton. Pada *jetty propylene* PT. Pertamina RU VI memiliki 5 buah *bitt* pada setiap sisinya dengan 3 *bitt* memiliki sudut 90° terhadap kapal dan 2 *bitt* memiliki sudut 15° terhadap kapal. Pada Tabel 4.20 menampilkan gaya *mooring* pada *bitt* sudut 90° dan Tabel 4.21 menampilkan gaya *mooring* pada *bitt* sudut 15°.

**Tabel 4.20** Gaya *mooring* pada *bitt* sudut 90°

Gaya pada <i>Bitt</i> (ton)	Jumlah <i>Bitt</i>	Total Gaya (ton)
50	3	150

**Tabel 4.21** Gaya *mooring* pada *bitt* sudut 15°

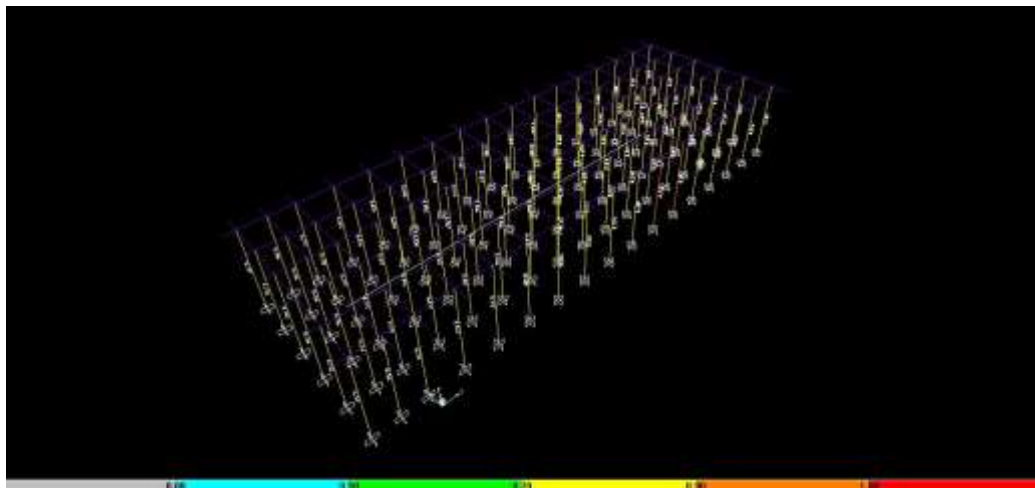
Proyeksi Gaya <i>Mooring</i>	Besar Gaya	Jumlah <i>Bitt</i>	Total Gaya (ton)
Proyeksi Gaya Arah X	48,30	2	96,60
Proyeksi Gaya Arah Y	12,94	2	25,88

#### 4.14 Hasil Analisis Struktur *Jetty Propylene* Akibat Beban Modifikasi

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui seberapa kuat struktur *jetty* jika beban truk diberikan dan beban sandar kapal diperbesar. Sama seperti analisis kondisi eksisting, struktur bagian atas *jetty* seperti balok dan pelat masih dianggap kuat karena pada tugas akhir ini hanya menganalisis dari kekuatan tiang pancang *jetty*. Ada dua parameter yang digunakan untuk mengetahui kekuatan dari tiang pancang tersebut, yaitu *stress ratio* dan defleksi.

##### 4.14.1 *Capacity Ratio* Akibat Beban Modifikasi

Seperti analisis kondisi eksisting, *capacity ratio* kurang dari 1 maka elemen struktur masih dalam kondisi aman, tetapi jika lebih besar dari 1 maka elemen tersebut dalam kondisi tidak aman. Tabel 4.22 menunjukkan hasil *capacity ratio* dari beberapa kombinasi pembebanan tiang pancang *jetty*. Didapat nilai *capacity ratio* terbesar yaitu 0,664, maka struktur masih dalam kondisi aman.

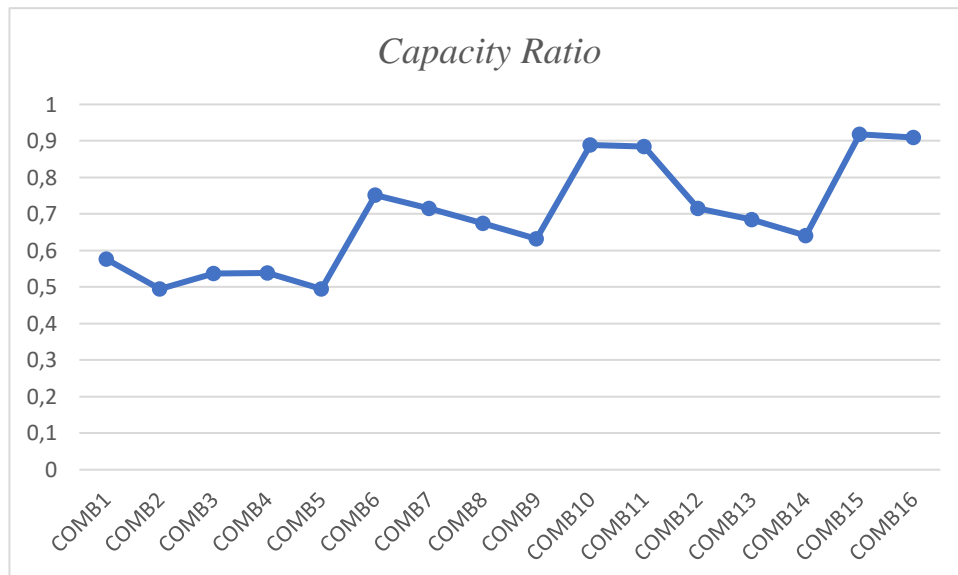


**Gambar 4.18** Nilai *capacity ratio* setelah modifikasi beban



**Tabel 4.22** *Steel design pile*

DesignSect	DesignType	Combo	Ratio
Text	Text	Text	Unitless
PILE	Column	COMB1	0,576392
PILE	Column	COMB2	0,49519
PILE	Column	COMB3	0,536978
PILE	Column	COMB4	0,53879
PILE	Column	COMB5	0,494763
PILE	Column	COMB6	0,751849
PILE	Column	COMB7	0,715286
PILE	Column	COMB8	0,675031
PILE	Column	COMB9	0,632322
PILE	Column	COMB10	0,889498
PILE	Column	COMB11	0,884188
PILE	Column	COMB12	0,715253
PILE	Column	COMB13	0,684917
PILE	Column	COMB14	0,640802
PILE	Column	COMB15	<b>0,918169</b>
PILE	Column	COMB16	0,910138



**Gambar 4.19** *Capacity ratio pile*

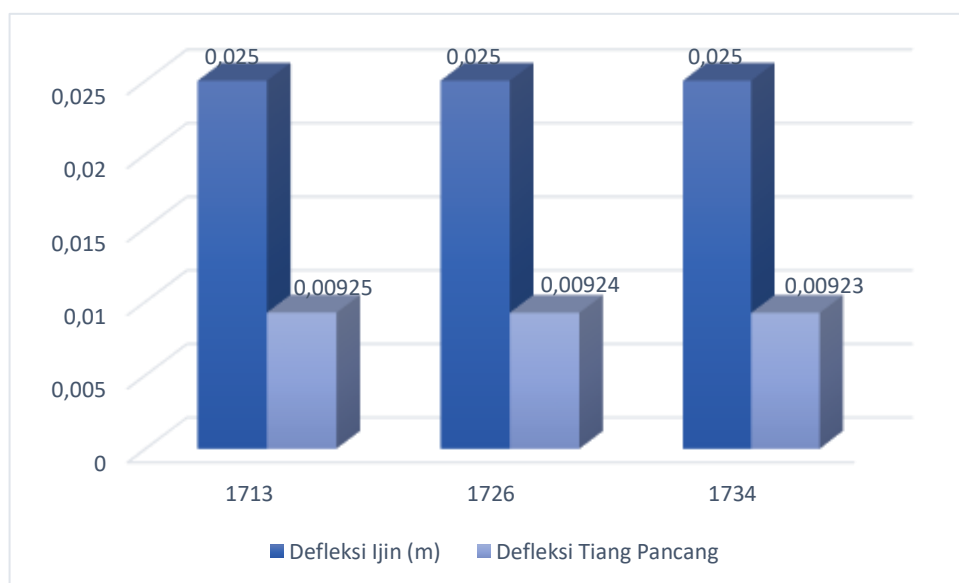
#### 4.14.2 Kontrol Defleksi Akibat Beban Modifikasi

Nilai tegangan maupun defleksi yang terjadi maksimum saat modifikasi beban adalah pada kombinasi ke 15 maka dalam running SAP 2000 digunakan kombinasi ke 15. Nilai batas defleksi yang diijinkan pada tiang pancang adalah

0,025 m. Pada tabel 4.23 dapat diketahui nilai defleksi terbesar yang terjadi pada tiang pancang *jetty propylene*.

**Tabel 4.23** Nilai defleksi saat modifikasi beban

<i>Joint Text</i>	Defleksi ijin (m)	Defleksi (m)	Keterangan
1713	0,025	0,00925	aman
1726	0,025	0,00924	aman
1734	0,025	0,00923	aman



**Gambar 4.20** Nilai defleksi saat modifikasi beban

#### 4.15 Modifikasi Struktur *Jetty Propylene* Akibat Modifikasi Beban

Setiap bangunan laut seperti dermaga pasti mengalami kerusakan dan penurunan kekuatan dalam setiap tahunnya. Dengan umur yang sudah mencapai sekitar 25 tahun, banyak mengalami kerusakan diantaranya yaitu terjadi korosi pada tiang pancang jetty dan beton struktur, pendangkalan pada area labuh dan yang parah adalah terjadi penurunan (*settlement*) pada jetty. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis kondisi eksisting secara berkala.

Setelah dilakukan analisis kondisi eksisting pada tugas akhir ini didapat bahwa kondisi jetty propylene masih dalam kondisi aman. Dapat dibuktikan dengan nilai *capacity ratio* 0,82 (kurang dari 1) dan defleksi tiang pancang 0,00726 (kurang

dari 0,025). Tetapi analisis kondisi eksisting tersebut tidak memperhitungkan akibat korosi dan keretakan beton atas struktur *jetty propylene*.

Dalam rangka *overhaul*, dermaga *jetty propylene* mengalami kombinasi pembebanan yaitu beban truk dan penambahan berat kapal yang bersandar. Dalam perhitungan tugas akhir ini, kondisi *jetty propylene* setelah mengalami kombinasi pembebanan masih dalam kondisi aman dengan nilai *capacity ratio* 0,918 (kurang dari 1) dan defleksi tiang pancang 0,00925 (kurang dari 0,025).

Dari hasil analisis *jetty propylene* kondisi eksisting maupun kondisi setelah mengalami kombinasi pembebanan, *jetty propylene* masih dalam kondisi aman yang artinya struktur *jetty propylene* PT. Pertamina RU VI tidak perlu mengalami modifikasi struktur dalam upaya perkuatan tiang pancang dermaga. Hal yang perlu dilakukan adalah melakukan survey material struktur atas *jetty* seperti *hammer test*, *rebar scanner test*, dan pengujian beton inti untuk mengetahui kekuatan material struktur atas *jetty propylene*. Kemudian untuk perawatan tiang pancang yang perlu dilakukan adalah survey visual dan ketebalan tiang pancang *jetty propylene*.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dan analisa diatas terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan, antara lain:

1. Analisis kondisi eksisting *jetty propylene* didapatkan bahwa kondisi struktur masih dalam kondisi kuat atau aman. Dengan nilai *capacity ratio* = 0,82 (kurang dari 1) dan defleksi tiang pancang 0,00726 m (kurang dari 0,025 m).
2. Analisis kondisi *jetty propylene* setelah mengalami kombinasi pembebanan didapatkan nilai *capacity ratio* 0,918 (kurang dari 1) dan defleksi tiang pancang 0,00925 m (kurang dari 0,025 m). Dari hasil berarti struktur *jetty propylene* masih dalam kondisi yang aman setelah mendapatkan tambahan kombinasi pembebanan.
3. Modifikasi struktur *jetty propylene* tidak dibutuhkan karena dari hasil analisis kondisi *jetty propylene* setelah mengalami kombinasi tambahan pembebanan, struktur masih dalam kondisi yang aman.

#### **5.2 Saran**

Adapun beberapa saran atau masukan untuk penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Tidak hanya dilakukan analisa terhadap struktur pondasi tiang pancang saja, melainkan pada struktur atas dermaga serta aspek yang lainnya.
2. Melakukan analisis kekuatan bollard akibat penambahan beban kapal.
3. Melakukan analisis terhadap laju korosi yang terjadi pada tiang pancang.
4. Mempertimbangkan adanya *settlement* dan *scouring* pada tiang pancang.
5. Analisis kekuatan *jetty* akibat adanya proses pengerukan.

**(Halaman sengaja dikosongkan)**

## DAFTAR PUSTAKA

- Azmi, F. 2016. *Analisa Resiko Keruntuhan Struktur Breasting Dolphin Akibat Penambahan DWT Kapal Tanker*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan, ITS Surabaya.
- Coastal Engineering Research Centre (CERC), U.S. Army. 1992. *Coastal Engineering Manual*. The U.S. Government Printing Office, Washington D.C.
- Dahuri, R. et al. 1996. *Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. PT. Pramadya Paramita, Jakarta.
- Emery, J and Thomson, R. 1998. *Data Analysis Methods in Physical Oceanography*. Gray Publishing, Tunbridge Wells, Kent, Great Britain, BPC Wheaton, Exeter.
- Hartanto, Kusnu Budi. 2012. *Aplikasi Manajemen Resiko Pada Re-Engineering Analysis Studi Kasus Perpanjangan Service Life Platform Lepas Pantai*. Tesis Program Studi Manajemen Gas Teknik Kimia Universitas Indonesia, Universitas Indonesia Depok.
- Indiyono, P. 2004. *Hidrodinamika Bangunan Lepas Pantai, SIC*. Surabaya.
- Iskandar, I. 2011. *Perencanaan Struktur Jetty dan Perkerasan Terminal Multipurpose di Morokrembangan, Surabaya*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, ITS Surabaya.
- Jeffwirlan. 2010. *Perencanaan Jetty CPO Precast di Perairan Tanjung Pakis Lamongan*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, ITS Surabaya.
- Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI). 2002. *Technical standards for Port and Harbour Facilities in Japan*.
- Puspawardana, N. 2013. *Perencanaan Detail Jetty LNG 30.000 DWT di Perairan Utara Pantai Tuban*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, ITS Surabaya.
- SNI 03-1726. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Gedung*. Badan Standardisasi Nasional.
- Triatmodjo, Bambang. 1999. *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, Bambang. 2009. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Univrsity of Bath. 2003. *British Standard*.
- U.S.Army Corp Engineering. 1984. *Shore Protection Manual*. Missisipi, 4<sup>th</sup> ed. Vol I and II.

U.S Congress House of Representatives. *Port of Long Beach*. California

Yuli, M. 2016. *Analisa Konfigurasi Jumlah Tiang Pancang Miring Terhadap Kekuatan Struktur Breasting Dolphin Desa Sedayu Lawas Kecamatan Brondong Kabupaten Lamongan*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan, ITS Surabaya.

**LAMPIRAN 1**  
**PERHITUNGAN BEBAN GELOMBANG DAN ARUS**



## PERHITUNGAN BEBAN GELOMBANG

### DATA LINGKUNGAN

Tinggi Gelombang maksimal	=	9,1512 ft	2,79 m
Periode Gelombang (T)	=	5,5 s	
Total Pasang Surut	=	0,78 ft	0,27 m
Kecepatan Arus Permukaan (V1)	=	1 knot	0,514 m/s
	=	1,688 ft/s	
Kedalaman Perairan (d)	=	22,8 ft	6 m
Gravitasi	=	9,81 m/s <sup>2</sup>	
	=	32,1768 ft/s <sup>2</sup>	
Storm Surge	=	0 ft	

### 1. Menentukan Teori Gelombang

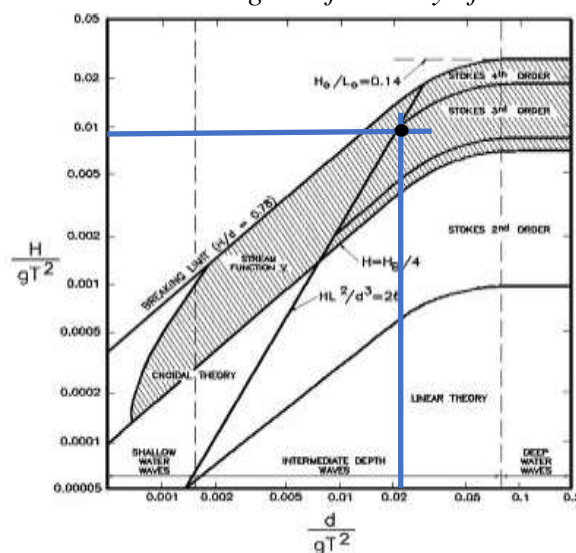
Nilai sudut fase gelombang sebesar  $q = (kx - \omega t)$ , dengan asumsi bahwa kurva gelombang merupakan fungsi cosinus, dan titik tinjau elevasi gelombang berada pada titik puncaknya. Apabila waktu (t) yang ditinjau adalah 1 detik maka didapatkan  $t = 1$  s dan  $x = 0$  karena nilai elevasi gelombang maksimum dengan fungsi cosinus tepat berada di pusat titik koordinat  $x = 0$ . Sehingga didapatkan nilai  $q = 0$ . Dari parameter tersebut selanjutnya ditentukan teori gelombang dengan menggunakan **grafik Region of Validity of Wave Theories (SPM, 1984)**.

Dengan menggunakan parameter diatas, didapatkan nilai masukan untuk grafiknya sebagai berikut :

$$H/gT^2 = 0.0094$$

$$d/gT^2 = 0.0211$$

Gambar Grafik Region of Validity of Wave Theories



## 2 Menentukan Properti gelombang

### 2.1 Menentukan Panjang Gelombang ( $\lambda$ )

$$\begin{aligned}\lambda_o &= \frac{gT^2}{2\pi} \\ &= \frac{296,7525}{6,283185307} \\ &= 47,22962725 \text{ m}\end{aligned}$$

dilakukan Iterasi dengan Persamaan

$$\lambda = L_o \tanh(2\pi d/L)$$

Iterasi

Panjang Gelombang	$\lambda$	$\lambda_t$
47,23	47,01	47,12
47,12	47,01	47,07
47,07	47,02	47,04
47,04	47,02	47,03
47,03	47,02	47,02
47,02	47,02	47,02
47,02	47,02	47,02
47,02	47,02	47,02
47,02	47,02	47,02
47,02	47,02	47,02

Iterasi Selesai

Maka Panjang Gelombang sesuai dengan hasil Iterasi adalah 47,02 m

## 2.2 Menentukan Angka Gelombang

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{2\pi}{L} \\
 &= \frac{6,283185307}{47,02} \\
 &= 0,133636191
 \end{aligned}$$

### CHECK

$$\begin{aligned}
 \frac{H}{h} &< (kh)^2 \\
 \frac{2,79}{6,27} &< 0,702 \\
 0,444976077 &< 0,702 > \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{H}{\lambda} &< 1 \\
 \frac{2,79}{47,017} &< 1 \\
 0,05934012 &< 1 > \text{OK}
 \end{aligned}$$

### Menghitung Profil Gelombang

$$\text{Free surface water deflection } (\eta) = (1/k) \sum F_n \cos n (kx - \omega t)$$

**F<sub>n</sub>** merepresentasikan parameter profil gelombang yang bergantung pada kh  
**a** merepresentasikan parameter tinggi gelombang

$$\begin{aligned}
 F_1 &= a \\
 F_2 &= a^2 F_{22} + a^4 F_{24} \\
 F_3 &= a^3 F_{33} + a^5 F_{35} \\
 F_4 &= a^4 F_{44} \\
 F_5 &= a^5 F_{55}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel Dawson

$$\frac{h}{\lambda} = \frac{6,27}{47,02} = 0,13$$

$$\begin{aligned} F_{22} &= 1,539 \\ F_{24} &= 1,344 \\ F_{33} &= 2,381 \\ F_{35} &= 6,935 \\ F_{44} &= 4,147 \\ F_{55} &= 7,935 \end{aligned}$$

Tabel 2.1 Parameter profil gelombang

h/λ	F <sub>22</sub>	F <sub>24</sub>	F <sub>33</sub>	F <sub>35</sub>	F <sub>44</sub>	F <sub>55</sub>
0.10	3.892	-28.61	13.09	-138.6	44.99	163.8
0.15	1.539	1.344	2.381	6.935	4.147	7.935
0.20	0.927	1.398	0.996	3.679	1.259	1.734
0.25	0.699	1.064	0.630	2.244	0.676	0.797
0.30	0.599	0.893	0.495	1.685	0.484	0.525
0.35	0.551	0.804	0.435	1.438	0.407	0.420
0.40	0.527	0.759	0.410	1.330	0.371	0.373
0.50	0.507	0.722	0.384	1.230	0.344	0.339
0.60	0.502	0.712	0.377	1.205	0.337	0.329

menentukan a menggunakan metode iterasi

$$a = \frac{(kH/2) - a^3 F_{33} - a^5 (F_{35} + F_{55})}{a^5 (F_{35} + F_{55})}$$

$$\begin{aligned} \text{sebagai asumsi awal } a &= \frac{kH}{2} \\ &= \frac{0,372845}{2} \\ &= 0,1864225 \end{aligned}$$

iterasi ke-	a <sub>awal</sub>	a <sub>hasil</sub>
1	0,18642	0,16765
2	0,16765	0,17323
3	0,17323	0,17172
4	0,17172	0,17214
5	0,17214	0,17203
5	0,17203	0,17206
5	0,17206	0,17205
5	0,17205	0,17205

maka hasil iterasi untuk a = 0,17205

Menghitung nilai Free surface water deflection ( $\eta$ )

F1	=	1,7,E-01
F2	=	4,7,E-02
F3	=	1,3,E-02
F4	=	3,6,E-03
F5	=	1,2,E-03

### 2.3 Kemudian menghitung nilai Free surface water deflection ( $\eta$ )

$$\eta = \sum F_n \cos n (kx - \omega t)$$

dimana :

$$(kx - \omega t) = 0^\circ$$

$$(kx - \omega t) = 180^\circ$$

kondisi Maksimum

n	$F_n$	$\cos n (kx - \omega t)$	$F_n \cos n (kx - \omega t)$
1	1,7,E-01	1	0,1721
2	4,7,E-02	1	0,0467
3	1,3,E-02	1	0,0132
4	3,6,E-03	1	0,0036
5	1,2,E-03	1	0,0012
$\Sigma$			0,2368

$$\eta_{\text{mak.}} = (1/0,1336) 0,237$$

$$= 1,77 \text{ m}$$

kondisi minimum

n	$F_n$	$\cos n (kx - \omega t)$	$F_n \cos n (kx - \omega t)$
1	1,7,E-01	-1	-0,1721
2	4,7,E-02	-1	-0,0467
3	1,3,E-02	-1	-0,0132
4	3,6,E-03	-1	-0,0036
5	1,2,E-03	-1	-0,0012
$\Sigma$			-0,2368

$$\eta_{\text{min.}} = (1/0,1336) 0,237$$

$$= -1,77 \text{ m}$$

## 2.4 Menghitung Kecepatan Partikel Horizontal dan Vertikal

$$u = \frac{\omega}{k} \sum_{n=1}^5 G_n \frac{\cosh nky}{\sinh nkh} \cos n(kx - \omega t)$$

$$v = \frac{\omega}{k} \sum_{n=1}^5 G_n \frac{\sinh nky}{\sinh nkh} \sin n(kx - \omega t)$$

Menentukan  $G_n$  yang merupakan parameter kecepatan gelombang yang bergantung dengan  $kh$ .

$$G_1 = aG_{11} + a^3G_{13} + a^5G_{15}$$

$$G_2 = 2(a^2G_{22} + a^4G_{24})$$

$$G_3 = 3(a^3G_{33} + a^5G_{35})$$

$$G_4 = 4a^4G_{44}$$

$$G_5 = 5a^5G_{55}$$

Tabel 2.2 Parameter Kecepatan

$h/\lambda$	$G_{11}$	$G_{13}$	$G_{15}$	$G_{22}$	$G_{24}$	$G_{33}$	$G_{35}$	$G_{44}$	$G_{55}$
0.10	1.000	-	-	2.996	-	5.942	-	7.671	0.892
0.15	1.000	7.394	12.73	0.860	48.14	0.310	121.7	-	-
0.20	1.000	-	-	0.326	-	0.017	2.843	0.167	0.257
0.25	1.000	2.320	4.864	0.154	0.907	-0.030	1.093	-	0.006
0.30	1.000	-	-	0.076	0.680	-0.020	0.440	0.044	0.005
0.35	1.000	1.263	2.266	0.038	0.673	-0.012	0.231	-	0.001
0.40	1.000	-	-	0.020	0.601	-0.006	0.152	0.005	0.000
0.50	1.000	0.911	1.415	0.006	0.556	-0.002	0.117	0.002	0.000
0.60	1.000	-	-	0.002	0.528	-0.001	0.092	0.002	0.000
		0.765	1.077		0.503		0.086	0.001	0.000
		-	-		0.502			0.000	
		0.696	0.925					0.000	
		-	-						
		0.662	0.850						
		-	-						
		0.635	0.790						
		-	-						
		0.628	0.777						

Maka dapat di tentukan berdasarkan tabel dawson,

G11	=	1
G13	=	7,394
G15	=	12,73
G22	=	0,86
G24	=	48,14
G33	=	0,31
G35	=	121,7
G44	=	0
G55	=	0

maka,

G1	=	0,21163
G2	=	0,13529
G3	=	0,05978
G4	=	0,00000
G5	=	0,00000

Un	Gn	cosh nky/sinh nkh	Gn x (cosh nky/sinh nkh)
1	0,21163	1,460505194	0,30909
2	0,13529	1,07259989	0,14511
3	0,05978	1,013198279	0,06057
4	0,00000	1,002456995	0,00000
5	0,00000	1,000459389	0,00000
			0,5148

m/s

vn	Gn	sinh nky/sinh nkh	Gn x (cosh nky/sinh nkh)
1	0,21163	1	0,21163
2	0,13529	1	0,13529
3	0,05978	1	0,05978
4	0,00000	1	0,00000
5	0,00000	1	0,00000
			0,4067

m/s

## 2.5 Menghitung Percepatan Partikel Horizontal dan Vertikal

$$ax = \frac{kc^2}{k} \sum_{n=1}^5 Rn \cdot \sin n(kx - \omega t)$$

Dimana untuk koef Rn adalah

$$\begin{aligned} R1 &= 2 U1 \cdot U1 U2 - V1 V2 - U2 U3 - V2 V3 \\ R2 &= 4 U2 \cdot U1^2 + V1^2 - 2 U1 U2 - 2 V1 V3 \\ R3 &= 6 U3 \cdot 3 U1 U2 + 3 V1 V2 - 3 U1 U4 - 3 V1 V4 \\ R4 &= 8 U4 \cdot 2 U2^2 + 2 V2^2 - 4 U1 U3 + 4 V1 V3 \\ R5 &= 10 U5 \cdot 5 U1 U4 - 5 U2 U3 + 5 V1 V4 + 5 V2 V3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R1 &= 0,52782 \\ R2 &= 0,46694 \\ R3 &= 0,31478 \\ R4 &= -0,02979 \\ R5 &= -0,00351 \end{aligned}$$

Dimana untuk koef Sn adalah

$$\begin{aligned} S0 &= -2 V1 U1 \\ S1 &= 2 V1 - 3 U1 V2 - 3 U2 V1 - 5 U2 V3 - 5 U3 V2 \\ S2 &= 4 V2 - 4 U1 V2 - 4 U2 V1 \\ S3 &= 6 V3 - U1 V2 + U2 V1 - 5 U1 V4 - 5 U4 V1 \\ S4 &= 8 V4 - 2 U1 V3 + 2 U3 V1 + 4 U2 V2 \\ S5 &= 10 V5 - 3 U1 V4 + 3 U4 V1 - U2 V3 + U3 V2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S0 &= -0,13083 \\ S1 &= 0,12134 \\ S2 &= 0,41596 \\ S3 &= 0,34760 \\ S4 &= 0,06721 \\ S5 &= -0,00048 \end{aligned}$$



Menghitung cepat rambat gelombang (c)

menghitung kecepatan gelombang c

$$c = [g/k(1+a^2C_1+a^4C_2)\tanh kh]^{0,5}$$

$$C_1 = 2,8$$

$$C_2 = 20$$

$$c = 7,436900006 \text{ ft/s}$$

Percepatan maksimum pada sumbu x

Rn
0,52782
0,46694
0,31478
-0,02979
-0,00351
1,27624

$$a_x = 4,72 \text{ ft/s}^2$$

## 2.6 Menentukan Beban Gelombang

Persamaan yang digunakan adalah

$$F = F_D + F_I = C_D \frac{w}{2g} A U|U| + C_m \frac{w}{g} V \frac{\delta U}{\delta t}$$

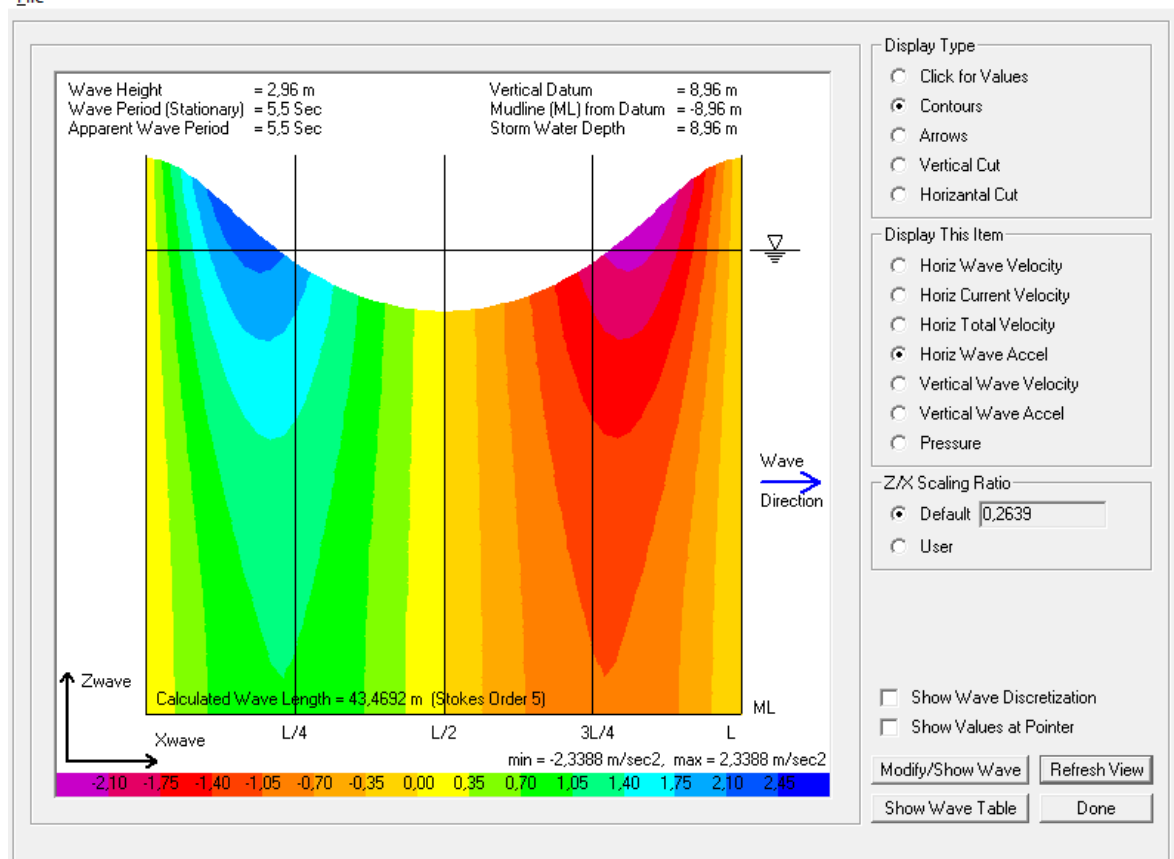
$\rho$	=	0,0624	lb/ft <sup>3</sup>
	=	1,025	ton/m <sup>3</sup>
$C_D$	=	1	rough
$C_I$	=	2	rough
$D$	=	0,812	m
$t$	=	0,010	m
$u_x$	=	0,515	m/s =
$a_x$	=	4,72	m/s <sup>2</sup> =

$$\begin{aligned}
 FD &= 1,085552687 \text{ kN} \\
 &= 0,108555269 \text{ tonf} \\
 FI &= 6,166099529 \text{ kN} \\
 &= 0,616609953 \text{ tonf} \\
 \\ 
 F_{total} &= FD + FI \\
 &= 0,725165222 \text{ tonf/pile} \\
 &= 77,59267871 \text{ tonf/jetty}
 \end{aligned}$$

*Gambar Wave Plot Display Contours*

Wave Plot (Wave Characteristic: Default, Current: None)

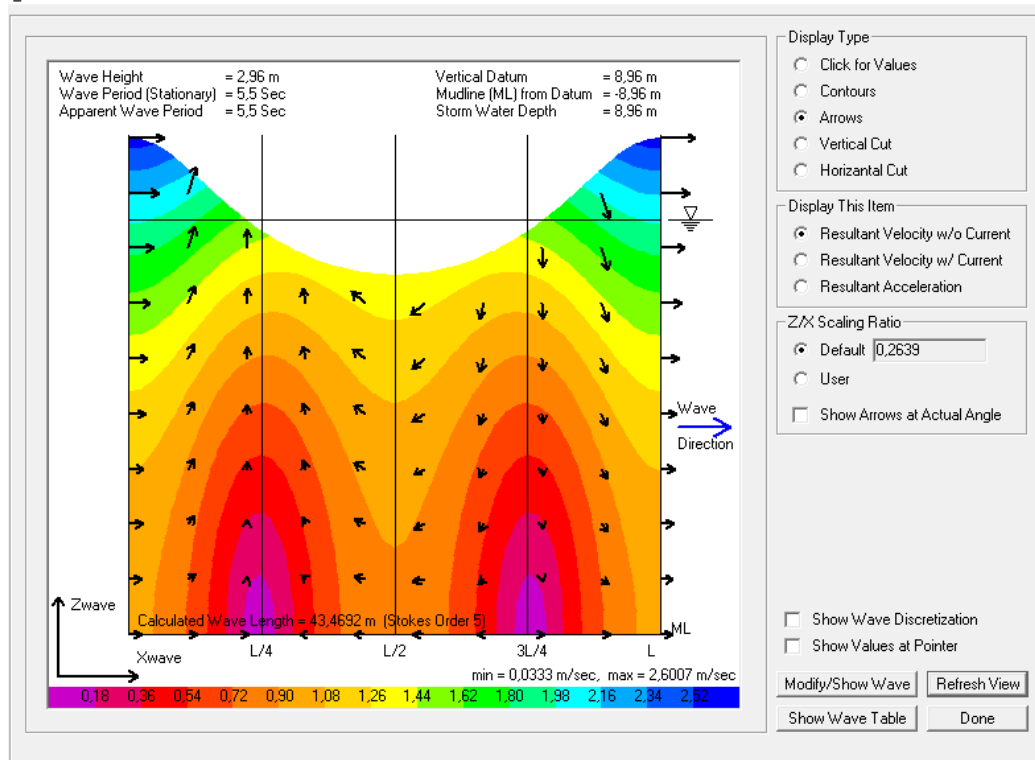
File



Gambar Wave Plot Display Arrows

Wave Plot (Wave Characteristic: Default, Current: None)

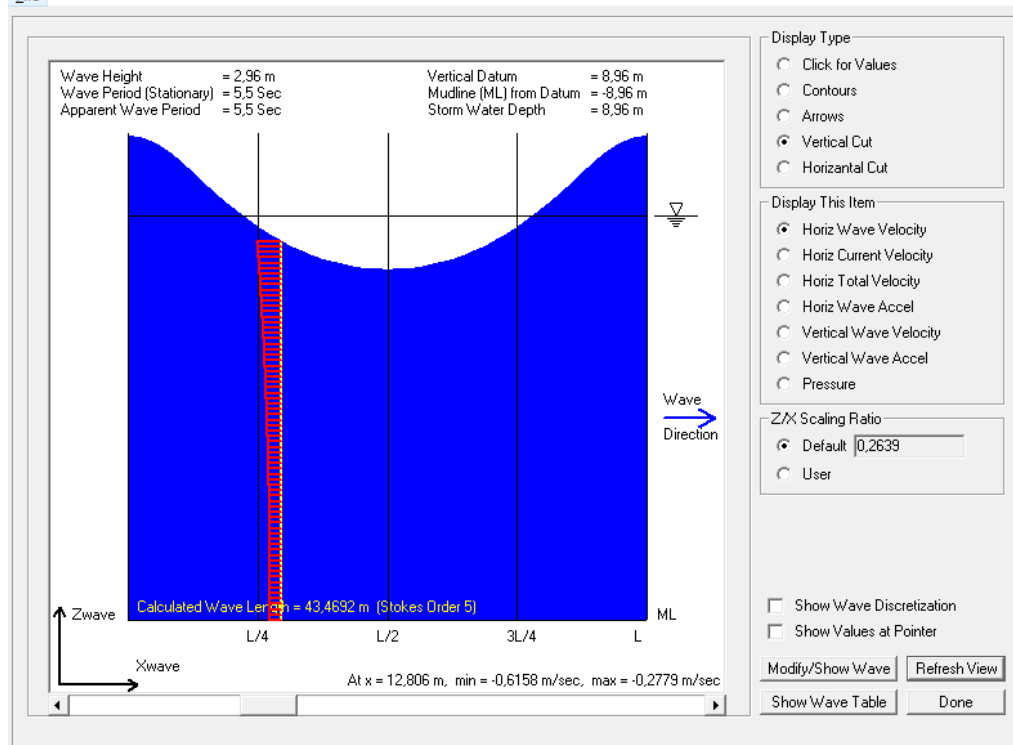
File



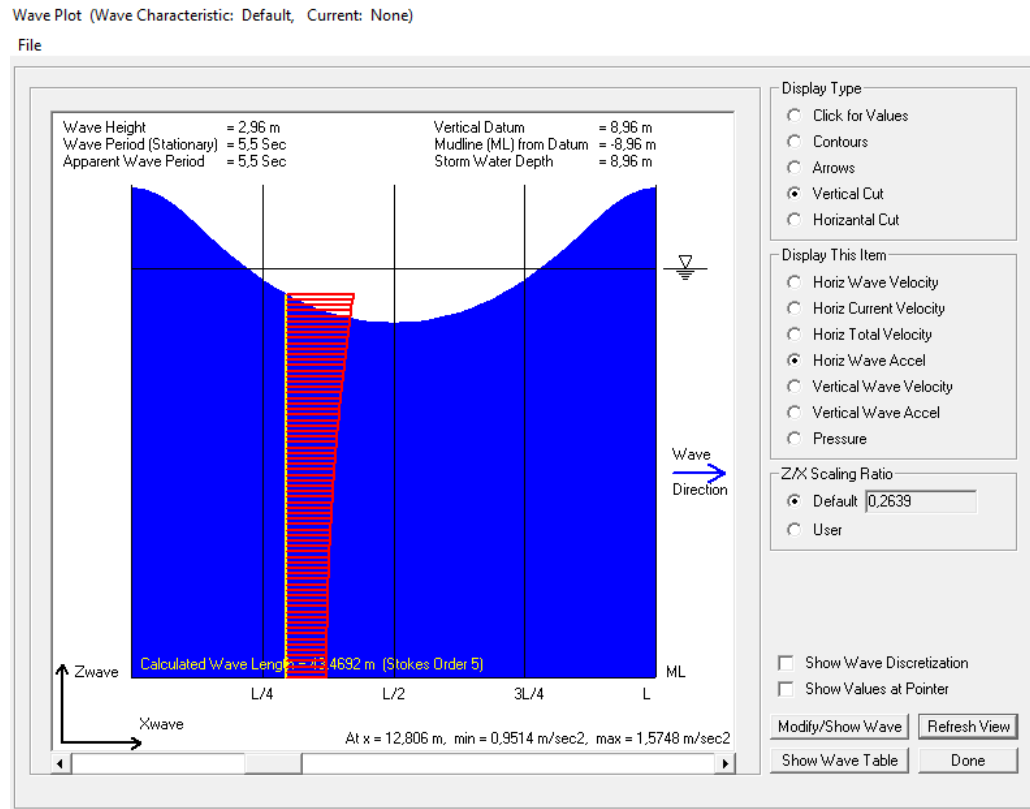
Gambar Wave Plot Vertical Cut Horizontal Wave Velocity

Wave Plot (Wave Characteristic: Default, Current: None)

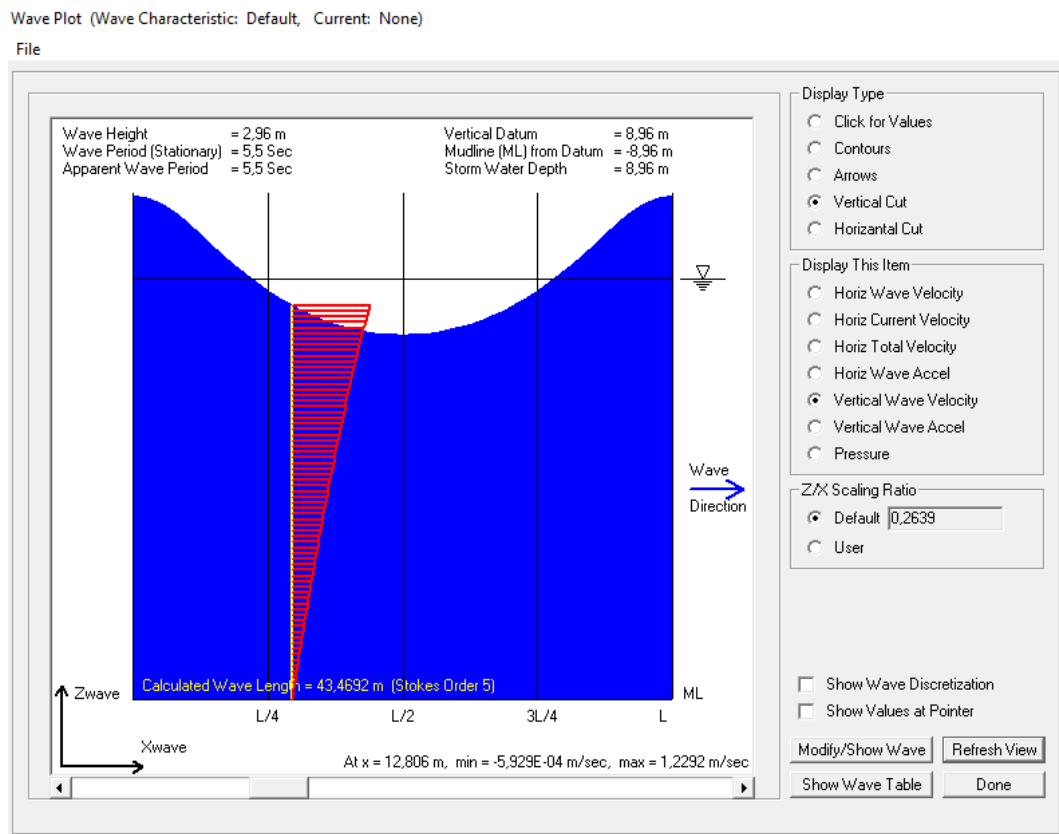
File



*Gambar Wave Plot Vertical Cut Horizontal Wave Acceleration*



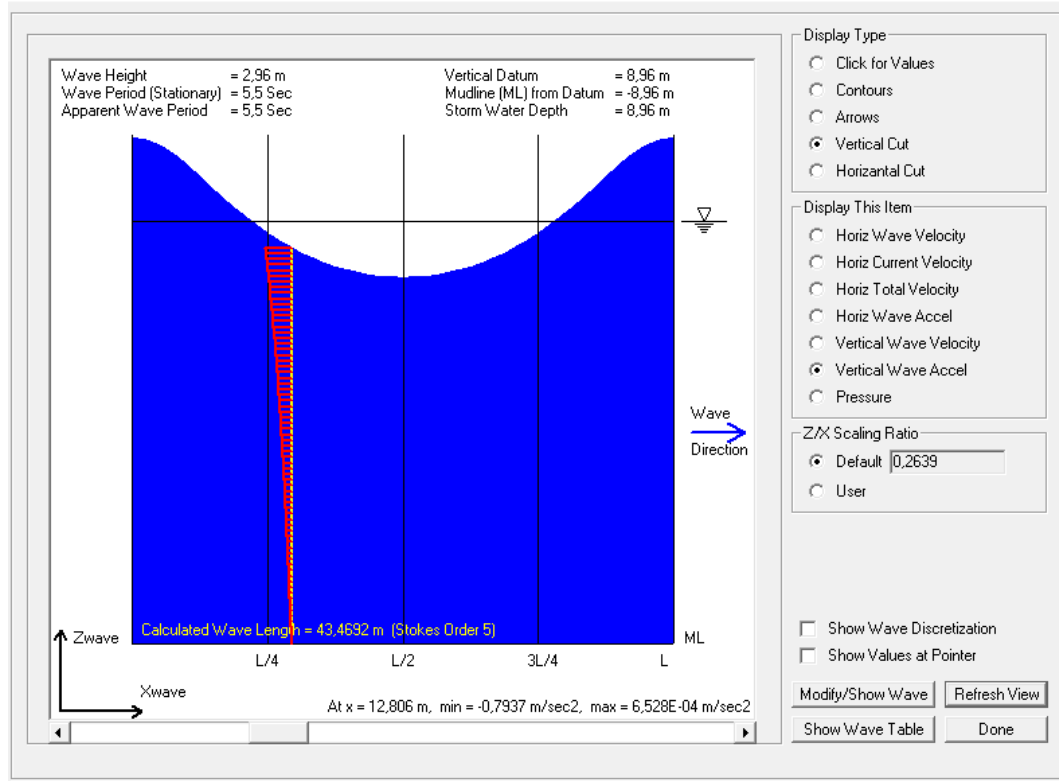
*Gambar Wave Plot Vertical Cut Vertical Wave Velocity*



*Gambar Wave Plot Vertical Cut Vertical Wave Acceleration*

Wave Plot (Wave Characteristic: Default, Current: None)

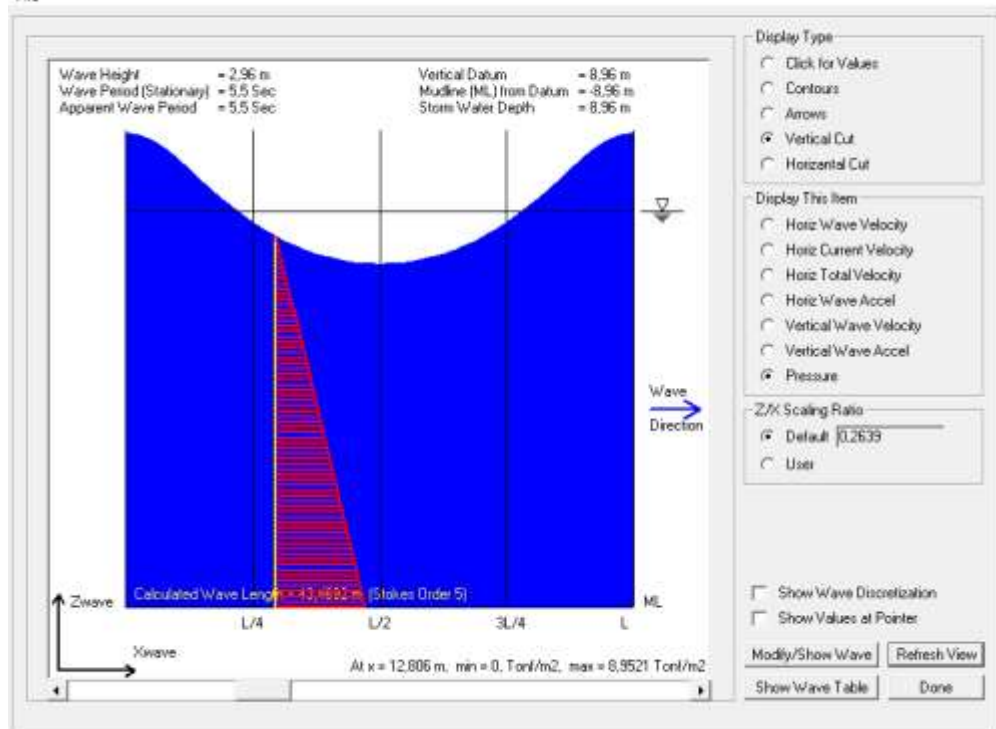
File



*Gambar Wave Plot Vertical Cut Pressure*

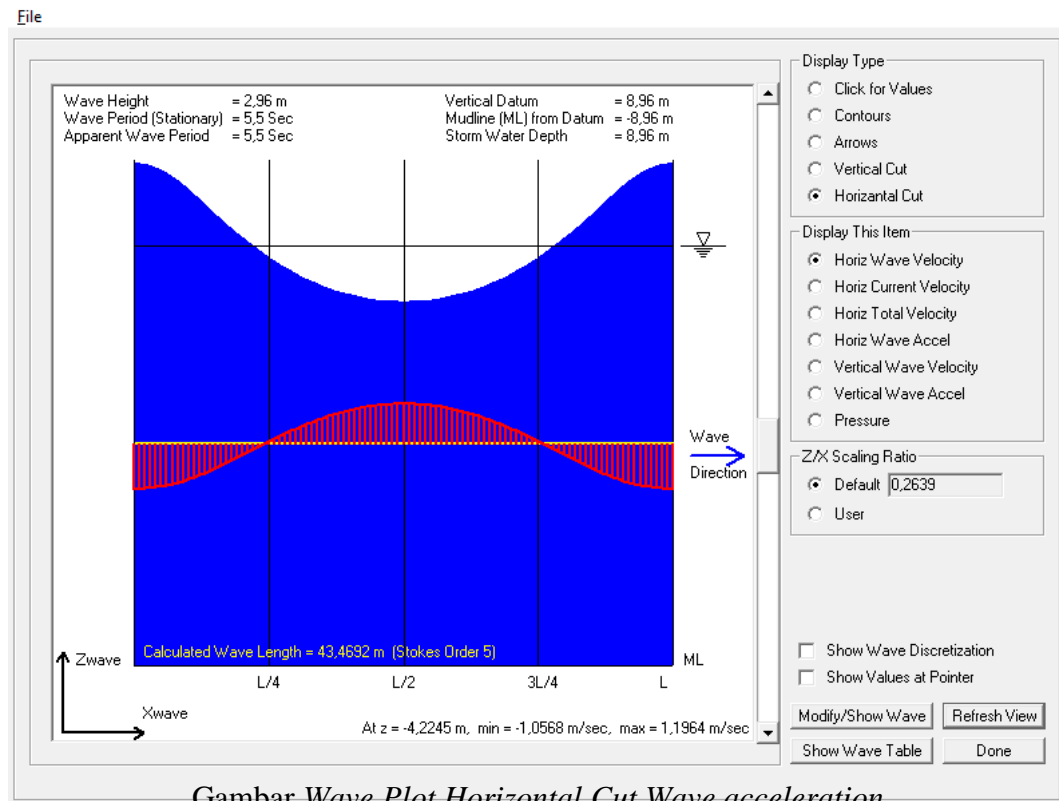
Wave Plot (Wave Characteristic: Default, Current: None)

File

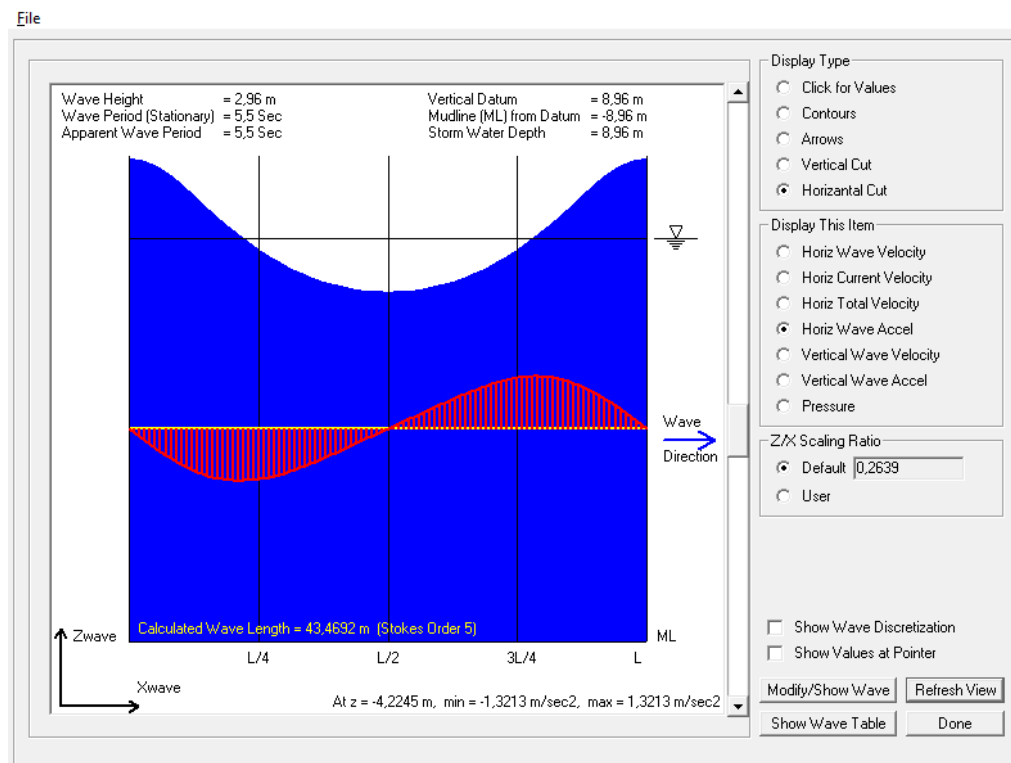


*Gambar Wave Plot Horizontal Cut Wave Velocity*

Wave Plot (Wave Characteristic: Default, Current: None)

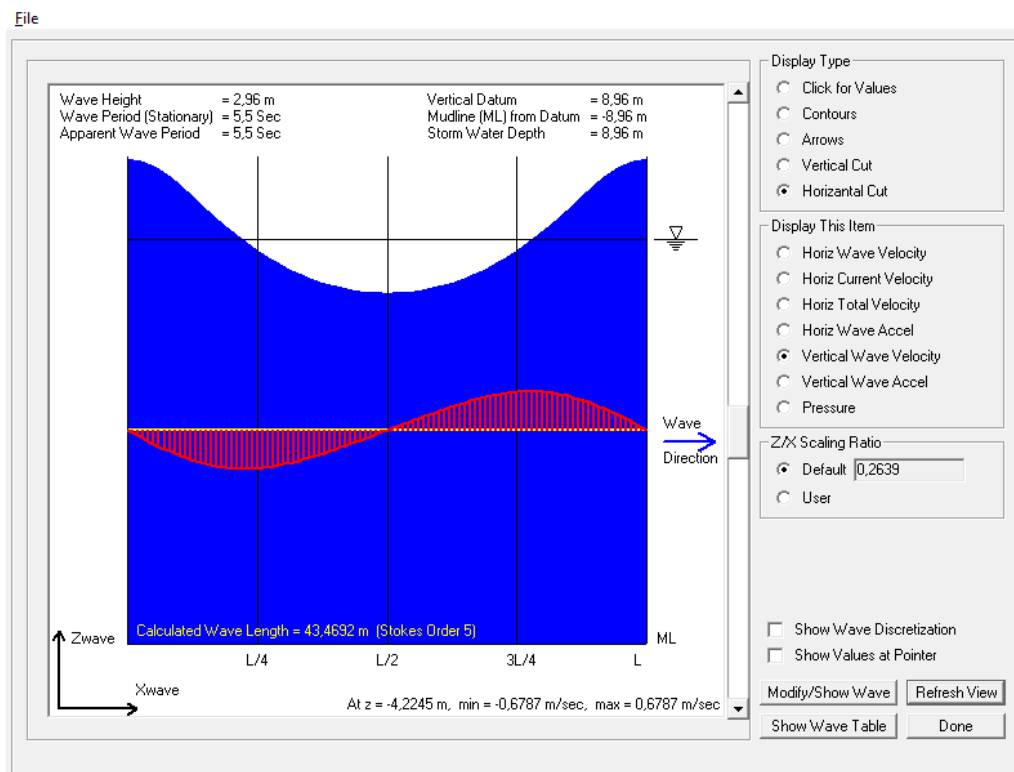


Wave Plot (Wave Characteristic: Default, Current: None)



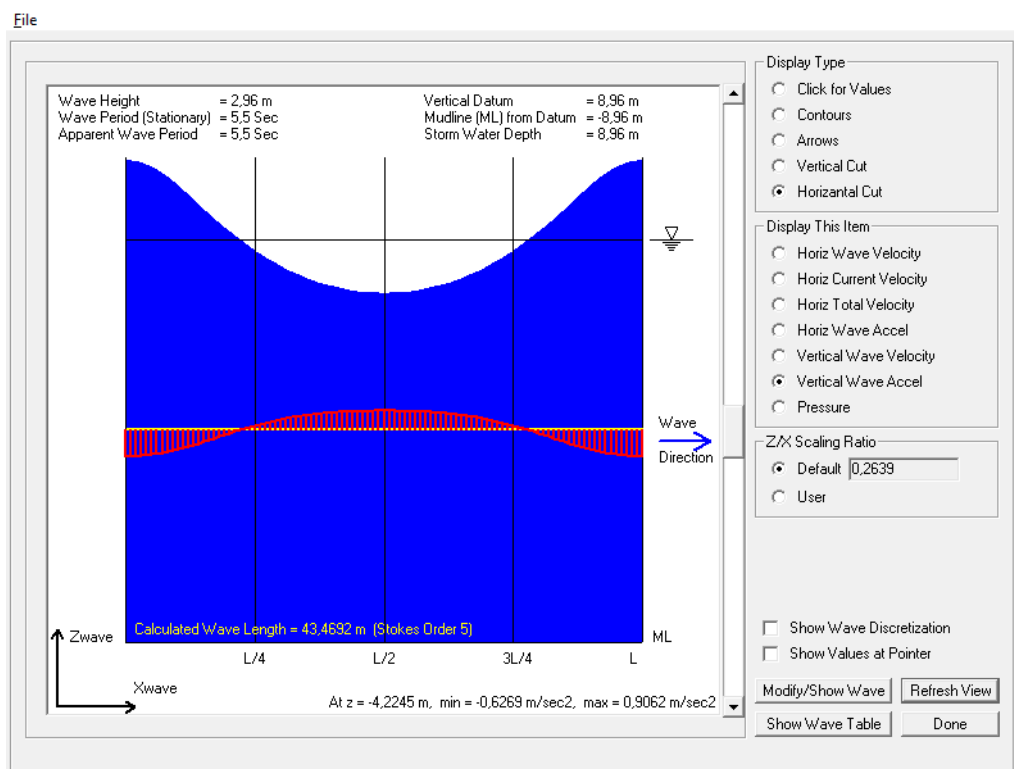
*Gambar Wave Plot Horizontal Cut Vertical Wave Velocity*

Wave Plot (Wave Characteristic: Default, Current: None)



Gambar Wave Plot Horizontal Cut Vertical Wave Acceleration

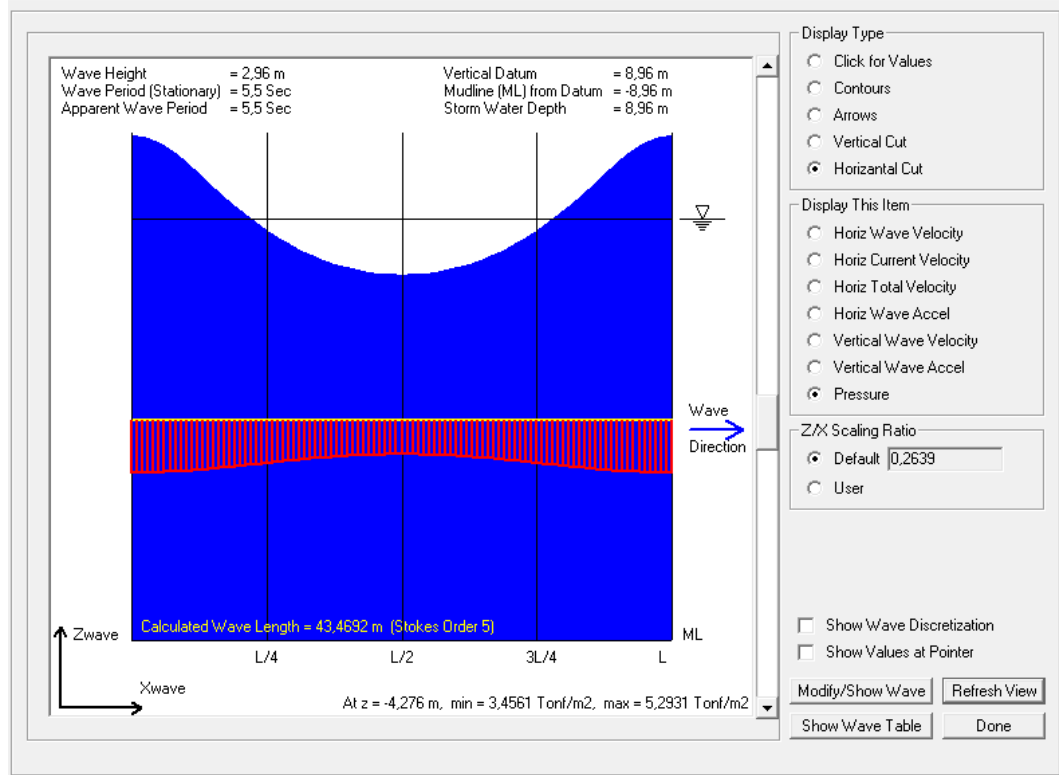
Wave Plot (Wave Characteristic: Default, Current: None)



Gambar Wave Horizontal Cut Plot Pressure

Wave Plot (Wave Characteristic: Default, Current: None)

File





## PERHITUNGAN BEBAN ARUS

### Perhitungan gaya arus pada Tiang pancang (OCDI)

Diameter Pile 81,2 cm				
outer diameter Pile	D	=	0,812	m
koefisien drag	Cd	=	1	
Koefisien lift	Cl	=	2	
massa jenis air laut	$\gamma_{sea}$	=	1,025	ton/m <sup>3</sup>
Kecepatan arus	U	=	0,514	m/s
Luas penampang pile	A	=	8,00	m <sup>2</sup>
Tinggi pile yang kena arus	H	=	6,27	m
HWS		=	0,27	m
Kedalaman dasar laut		=	6,00	m
Maka , gaya arus yang bekerja pada pile adalah				
Gaya drag akibat arus	Fd	=	1,082838166	ton
Total	Fa	=	1,082838166	ton/pile
Total per Jetty	Fa	=	115,8636838	ton/jetty

**LAMPIRAN 2**  
**PERHITUNGAN BEBAN SANDAR KAPAL**

### Beban Sandar Kapal Gas Maluku

W	(displacement)	=	8105,709696	ton
Loa	(panjang keseluruhan kapal)	=	99,97	m
Lpp	(Panjang garis tegak kapal)	=	92	m
B	(Lebar Kapal)	=	20	m
T	(Sarat kapal)	=	4,4	m
H	(tinggi kapal )	=	7,7	m

#### Perhitungan koefisien blok kapal

$$C_b = \frac{\text{displacement}}{lwl \times B \times T \times \text{massa jenis air laut}} = 0,939305$$

#### Perhitungan koefisien midship kapal

$$C_m = 1 + \frac{\pi}{2 \times C_b} \times \frac{d}{b} = 1,367905$$

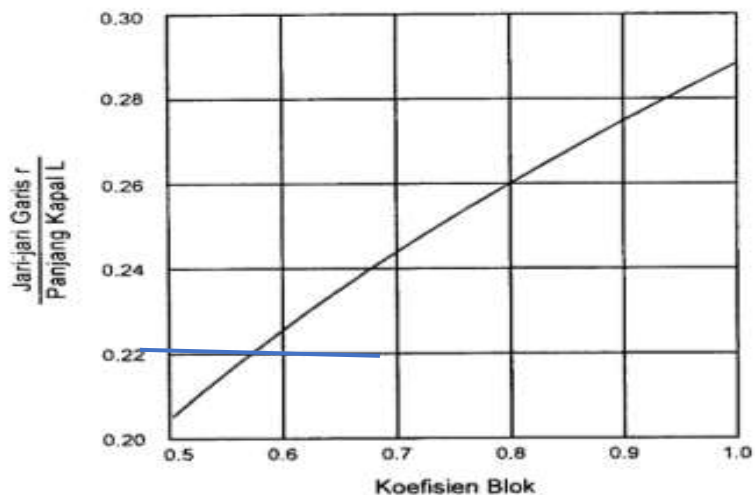
#### Perhitungan koefisien eksentrisitas kapal

$$C_e = \frac{1}{1 + \left(\frac{l}{r}\right)^2}$$

$$= 0,5384$$

$$\text{Dermaga : } l = \frac{1}{4} \text{ Loa}$$

$$= 24,9925 \text{ m}$$



Gambar 6.30. Jari-jari putaran di sekeliling pusat berat kapal

dari grafik didapatkan :

$$r/L = 0,27$$

maka ,

r	=	26,99	m
---	---	-------	---

#### Kecepatan merapat kapal

V merapat Kapal	=	0,15 m/s
-----------------	---	----------

maka ,

#### Energi Benturan Kapal

$$E = \frac{W \times V^2}{2 \times g} \times C_m \times C_e \times C_s \times C_c = 6,16 \text{ ton.m}$$

#### Beban Sandar Kapal Karmila

W	(displacement)	=	9070	ton
Loa	(panjang keseluruhan kapal)	=	105	m
Lpp	(Panjang garis tegak kapal)	=	97	m
B	(Lebar Kapal)	=	18,82	m
T	(Sarat kapal)	=	5	m
H	(tinggi kapal )	=	12,2	m

#### Perhitungan koefisien blok kapal

$$C_b = \frac{\text{displacement}}{lwl \times B \times T \times \text{massa jenis air laut}} = 0,93494$$

#### Perhitungan koefisien midship kapal

$$C_m = 1 + \frac{\pi}{2 \times C_b} \times \frac{d}{b} = 1,44636$$

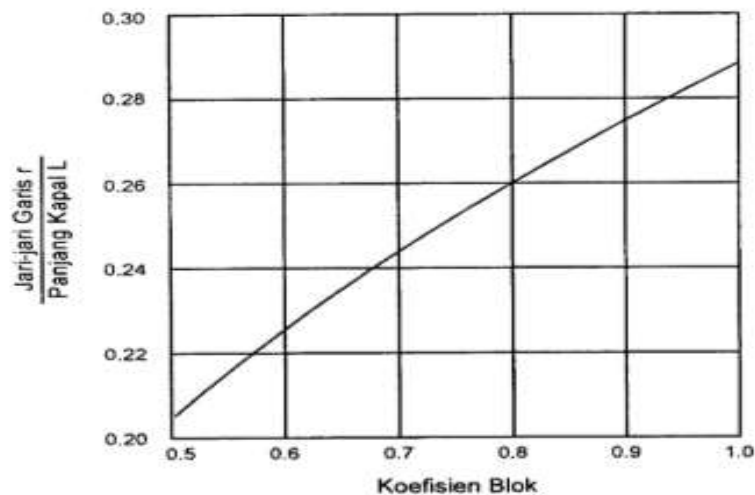
### Perhitungan koefisien eksentrisitas kapal

$$Ce = \frac{1}{1 + \left(\frac{l}{r}\right)^2}$$

=	0,5
---	-----

$$\text{Dermaga : } l = \frac{1}{4} Loa$$

=	26,25	m
---	-------	---



Gambar 6.30. Jari-jari putaran di sekeliling pusat berat kapal

dari grafik didapatkan :

$$r/L = 0,27$$

maka ,

r	=	26,25	m
---	---	-------	---

### Kecepatan merapat kapal

V merapat Kapal	=	0,15 m/s
-----------------	---	----------

### Energi Benturan Kapal

$$E = \frac{W \times V^2}{2 \times g} \times Cm \times Ce \times Cs \times Cc = 6,792253 \text{ ton.m}$$

Gambar katalog fender bridgestone dyna arch fender: type A



MARINE FENDER SYSTEMS

**DYNA ARCH FENDER PERFORMANCE**

**Dyna Arch Fender: Type A**

Fender Size	Performance Grade	52.5% (Rated Deflection)	
		Reaction Force (kN)	Energy Absorption (kJ-m)
DA-A250H	M3	143	15.1
	M2	169	17.8
	M1	204	21.5
DA-A300H	M3	172	21.7
	M2	202	25.5
	M1	245	30.9
DA-A400H	M3	230	38.6
	M2	270	45.4
	M1	327	54.9
DA-A500H	M3	286	60.2
	M2	337	70.9
	M1	408	85.7
DA-A600H	M3	344	86.8
	M2	405	102
	M1	490	124
DA-A800H	M3	459	154
	M2	540	181
	M1	653	220
DA-A1000H	M3	574	241
	M2	675	284
	M1	816	343

**Type B / Type S**

Fender Size	Performance Grade	47.5% (Rated Deflection)	
		Reaction Force (kN)	Energy Absorption (kJ-m)
DA-B250H DA-S250H	M3	143	13.4
	M2	169	15.9
	M1	204	19.2
DA-B300H DA-S300H	M3	172	19.4
	M2	202	22.9
	M1	245	27.7
DA-B400H DA-S400H	M3	230	34.5
	M2	270	40.6
	M1	327	49.1
DA-B500H DA-S500H	M3	286	54.0
	M2	337	63.5
	M1	408	76.7
DA-B600H DA-S600H	M3	344	77.6
	M2	405	91.3
	M1	490	111
DA-B800H DA-S800H	M3	459	138
	M2	540	163
	M1	653	196
DA-B1000H DA-S1000H	M3	574	216
	M2	675	254
	M1	816	307

Note:

1. Fender performance is subject to the tolerance of max 10% for Reaction Force and -10% for Energy Absorption.
2. Fender performance is on per meter length basis.

Nama Kapal	Energi Benturan	Gaya Fender
Gas Maluku	6,16 ton.m	24,04 ton
Karmila	6,79 ton.m	26,48 ton

**LAMPIRAN 4**  
**PERHITUNGAN GAYA PADA *BITT***

### Gaya pada *Bitt*

Kapal (DWT)	Tractive Force on Bollard (ton)	Tractive force on Bitt (ton)
200 ~ 500	15	10
501 ~ 1000	25	15
1001~2000	35	15
2001~3000	35	25
3001~5000	50	35
5001~10000	70	50 (25)
10001~15000	100	70 (25)
15001~20000	100	70 (35)
20001~50000	150	100 (35)
50001~100000	200	100 (50)

#### A. Kapal Eksisting 5700 DWT

Maka , gaya yang bekerja pada Bitt pada proyeksi arah sumbu x dan y adalah :

Sudut Tarik Kapal	=	90	°
Gaya Pada Bitt	=	35	ton
Jumlah Bitt 90 °	=	3	buah
Sudut Tarik Kapal	=	15	°
Gaya Pada Bitt	=	35	ton
Proyeksi gaya sumbu x	=	33,81	ton
Proyeksi gaya sumbu y	=	9,06	ton

#### B. Kapal Modifikasi 6500 DWT

Maka , gaya yang bekerja pada Bitt pada proyeksi arah sumbu x dan y adalah :

Sudut Tarik Kapal	=	90	°
Gaya Pada Bitt	=	50	ton
Jumlah Bitt 90 °	=	3	buah
Sudut Tarik Kapal	=	15	°
Gaya Pada Bitt	=	50	ton
Proyeksi gaya sumbu x	=	48,30	ton
Proyeksi gaya sumbu y	=	12,94	ton



### *Wind Load on Ship*

$$R = 1/2 \rho C V^2 (A \cos^2 \theta + B \sin^2 \theta)$$

- R = Resultan Force of Wind Pressure (kgf)  
ρ = Air Density  
C = Coefficient of Wind Pressure (1,20)  
V = Wind Speed (m/s)  
A = Proyeksi area bagian depan kapal diatas permukaan air (m2)  
B = Proyeksi area bagian samping kapal diatas permukaan air (m2)  
θ = Sudut arah datang angin (90° kondisi ekstrim)

#### **A. Pada Kondisi Eksisting**

A ( Pada Kondisi Kosong)

$$\log A = 0,019 + 0,628 \log DWT$$

$$\log A = 0,019 + 0,628 \log 5761$$

$$\log A = 2,38$$

$$A = 240 \quad m^2$$

(Pada Kondisi Penuh)

$$\log A = (-0,017) + 0,621 \log DWT$$

$$\log A = (-0,017) + 0,621 \log 5761$$

$$\log A = 2,31$$

$$A = 204 \quad m^2$$

B (Pada Kondisi Kosong)

$$\log B = 0,238 + 0,727 \log DWT$$

$$\log B = 0,238 + 0,727 \log 5761$$

$$\log B = 2,971881955$$

$$B = 937 \quad m^2$$

(Pada Kondisi Penuh)

$$\log B = (-0,036) + 0,742 \log DWT$$

$$\log B = (-0,036) + 0,742 \log 5761$$

$$\log B = 2,697881955$$

$$B = 499 \quad m^2$$

R (Pada Kondisi Kosong)

$$\begin{aligned}
 R &= 1/2 \times 0,123 \times 1,2 \times 10^2 (240 \cos^2 90 + 937 \cos^2 90) \\
 &= 1743,94012 \text{ kgf} \\
 &= 1,74 \text{ tonf}
 \end{aligned}$$

(Pada Kondisi Penuh)

$$\begin{aligned}
 R &= 1/2 \times 0,123 \times 1,2 \times 10^2 (204 \cos^2 90 + 499 \cos^2 90) \\
 &= 1041,622689 \text{ kgf} \\
 &= 1,04 \text{ tonf}
 \end{aligned}$$

## B. Pada Kondisi Modifikasi

A ( Pada Kondisi Kosong)

$$\begin{aligned}
 \log A &= 0,019 + 0,628 \log DWT \\
 \log A &= 0,019 + 0,628 \log 6500 \\
 \log A &= 2,41 \\
 A &= 257 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

(Pada Kondisi Penuh)

$$\begin{aligned}
 \log A &= (-0,017) + 0,621 \log DWT \\
 \log A &= (-0,017) + 0,621 \log 6500 \\
 \log A &= 2,35 \\
 A &= 224 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

B (Pada Kondisi Kosong)

$$\begin{aligned}
 \log B &= 0,238 + 0,727 \log DWT \\
 \log B &= 0,238 + 0,727 \log 6500 \\
 \log B &= 3,00998801 \\
 B &= 1023 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

(Pada Kondisi Penuh)

$$\begin{aligned}
 \log B &= (-0,036) + 0,742 \log DWT \\
 \log B &= (-0,036) + 0,742 \log 6500 \\
 \log B &= 2,73598801 \\
 B &= 544 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

R (Pada Kondisi Kosong)

$$\begin{aligned}
 R &= 1/2 \times 0,123 \times 1,2 \times 10^2 (257 \cos^2 90 + 1023 \cos^2 90) \\
 &= 1896,553402 \text{ kgf}
 \end{aligned}$$

$$= 1,9 \text{ tonf}$$

(Pada Konsidi Penuh)

$$R = 1/2 \times 0,123 \times 1,2 \times 10^2 (224 \cos^2 90 + 544 \cos^2 90)$$

$$= 1137,932041 \text{ kgf}$$

$$= 1,1 \text{ tonf}$$

### *Current Load on Ship*

$$R = 1/2 \rho C V^2 B'$$

R= Resultan Force due to the Current (kgf)

$\rho$  = Massa Jenis air Laut ( $\rho = 104,5 \text{ kgf s}^2/\text{m}^4$ )

C = koefisien tekanan fluida (C = 4,63)

V = kecepatan arus (m/s)

B = Luas Kapal dibawah permukaan air ( $\text{m}^2$ )

#### **A. Pada Kondisi Eksisting**

B (Pada Kondisi Kosong)

$$\log B = (-0,278) + 0,701 \log \text{DWT}$$

$$\log B = (-0,278) + 0,701 \log 5761$$

$$\log B = 2,358109011$$

$$B = 228 \text{ m}^2$$

(Pada Kondisi Penuh)

$$B = 490 \text{ m}^2$$

R (Pada Kondisi Kosong)

$$R = 1/2 \times 104,5 \times 4,63 \times (0,514)^2 \times 228$$

$$= 14515,66254 \text{ kgf}$$

$$= 14,51 \text{ tonf}$$

(Pada Kondisi Penuh)

$$R = 1/2 \times 104,5 \times 4,63 \times (0,514)^2 \times 490$$

$$= 31195,94141 \text{ kgf}$$

$$= 31,19 \text{ tonf}$$

#### **B. Pada Kondisi Modifikasi**

B (Pada Kondisi Kosong)

$$\log B = (-0,278) + 0,701 \log \text{DWT}$$

$$\log B = (-0,278) + 0,701 \log 6500$$

$$\log B = 2,394852263$$

$$B = 248 \text{ m}^2$$

(Pada Kondisi Penuh)

$$B = 532 \text{ m}^2$$

R

(Pada Kondisi Kosong)

$$R = 1/2 \times 104,5 \times 4,63 \times (0,514)^2 \times 248$$

$$= 15788,96627 \text{ kgf}$$

$$= 15,7 \text{ tonf}$$

(Pada Kondisi Penuh)

$$R = 1/2 \times 104,5 \times 4,63 \times (0,514)^2 \times 532$$

$$= 33869,87925 \text{ kgf}$$

$$= 33,86 \text{ tonf}$$

## BIODATA PENULIS



Dimas Bagus Prasetyo lahir di Kabupaten Jember, 25 Agustus 1995. Penulis menempuh pendidikan formal di SD Negeri 3 Patokan, SMP Negeri 1 Situbondo, dan SMA Negeri 1 Situbondo. Pada tahun 2013, penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan dengan NRP 4313100063. Selama mahasiswa, selain aktif dalam kegiatan akademis, penulis juga aktif dalam Organisasi Mahasiswa Intra Kampus sebagai Staf Departemen Dalam Negeri BEM FTK periode 2014-2015, dan Ketua Divisi Departemen Inovasi dan Karya Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan periode 2015-2016. Penulis juga aktif di Organisasi Mahasiswa Ekstra

Kampus yaitu aktif di Himpunan Mahasiswa Islam (HmI). Pada tahun 2014 penulis mengikuti *Basic Training* (LK1) HmI Komisariat Perkapalan SN dan tahun 2016 mengikuti *Intermediate Training* (LK2) HmI Cabang Garut. Pada periode 2015-2016 penulis di amanahi sebagai wakil bendahara umum HmI Komisariat Perkapalan SN dan pada periode 2017-2018 di amanahi sebagai Ketua Umum HmI Cabang Surabaya Koordinator Komisariat Sepuluh Nopember. Di akhir masa studi, penulis mengambil tugas akhir “Analisis Kekuatan Dermaga Akibat Modifikasi dan Penambahan Beban dengan Pendekatan LRFD Studi Kasus *Jetty Propylene* PT. Pertamina RU VI, Balongan, Indramayu”, telah diselesaikan dalam waktu 1 semester.

*Contact Person:*

Email : [dimasbp1313@gmail.com](mailto:dimasbp1313@gmail.com)